



PALJELEIKKURIN MODERNISOINTI

Ville Tuukkanen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015
Konetekniikka
Tuotekehitys

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Tuotekehitys

VILLE TUUKKANEN
Paljeleikkurin modernisointi

Opinnäytetyö 49 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Toukokuu 2015

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin modernisointi Prospero Oy:n pieneen paljeleikkuriin. Tavoitteena oli parantaa leikkurin käytettävyyttä. Modernisointi tuli toteuttaa edullisesti ja yksinkertaisesti. Suunnittelumenetelmänä käytettiin tuotekehitysprosessin vaiheita. Lisäksi selvitettiin CE-merkinnän tarve modernisoidulle leikkurille. Osien valmistuspiirustusten teko rajattiin opinnäytetyön ulkopuolelle.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi modernisointisuunnitelma, jonka avulla modernisointi on mahdollista toteuttaa. Uudet järjestelmät koostuvat pääosin lineaarijohteista ja liikeruuveista. Kustannukset pysyivät matalina ja laitteen käytettävyys parantuu merkittävästi. Modernisointia ei toteutettu vielä opinnäytetyön yhteydessä vaan se toteutetaan myöhemmin kuluvan vuoden aikana. Myös CE-merkinnän tarpeellisuus selvitettiin.

Koska modernisointia ei toteutettu opinnäytetyön teon aikana, valmiin modernisoidun leikkurin toimintaa ei päästy testaamaan. Samoin tarkkojen kustannusten lasku oli mahdotonta, koska työpiirustuksia ja näin ollen kaikkia osia ei suunniteltu tarkasti opinnäytetyössä. Koneistettavia osia on kuitenkin hyvin vähän, mikä laskee osien valmistuskustannuksia.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Mechanical Engineering
Research & Development

VILLE TUUKKANEN

Modernization of bellow cutting machine

Bachelor's thesis 49 pages, appendices 7 pages
May 2015

The purpose of this bachelor's thesis was to modernize Prospero Oy's bellow cutting machine. The main objective was to improve the usability of the machine. The modernization process was to be affordable and simple. The designing method was product development process. The need for a CE-marking was also to be examined. The manufacturing drawings were left out from this bachelor's thesis.

The result of this bachelor's thesis was a modernization design by which it is possible to realize the modernization. The new parts of the cutting machine consist mainly of linear units and screw jacks. The costs stayed at a low level, and the usability of the machine will be improved significantly. The modernization will be carried out later this year. The need for a CE-marking was also examined.

Since the modernization was not realized during the making of the bachelor's thesis, it was impossible to test how the modernized cutting machine would work. It was also hard to calculate the real costs of the process because manufacturing drawings were not included. There are only a few parts which are made by machining, so that will reduce the manufacturing costs.

Key words: research and development, modernization, cutting machine, expansion joint

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PROSPERO OY	7
2.1	Paljetasain	7
2.2	Paljetasaimen valmistus	8
3	TUOTEKEHITYS.....	9
3.1	Asiakastarve/idea	10
3.2	Esitutkimus	10
3.3	Luonnostelu	10
3.4	Kehitys	11
3.5	Viimeistely	11
4	PALJELEIKKURIN TOIMINTA	12
4.1	Leikkurin toimintaperiaate.....	12
4.1.1	Paljeaihion katkaisupituuden säätö	14
4.1.2	Leikkuuterän pituussuunnan säätö	14
4.1.3	Leikkaussyvyyden säätö.....	15
4.2	Nykyisen leikkurin toimivuus.....	16
5	SUUNNITTELU	18
5.1	Markkinoilla olevat valmiit vastaavat laitteet.....	18
5.2	Projektin vaatimukset	19
5.3	Paljeaihion katkaisupituuden säätö	19
5.3.1	Vaatimukset.....	19
5.3.2	Luonnokset.....	20
5.3.3	Kehitys	22
5.4	Leikkaussyvyyden säätö	27
5.4.1	Vaatimukset.....	27
5.4.2	Luonnokset.....	27
5.4.3	Kehitys	29
5.5	Leikkuuterän pituussuunnan säätö.....	31
5.5.1	Vaatimukset.....	31
5.5.2	Luonnokset.....	31
5.5.3	Kehitys	33
5.6	Konstruktioehdotus	35
5.7	Projektin loppuunvienti.....	36
5.8	Modernisoidun leikkurin riskianalyysi	37
6	CE-MERKINNÄN SELVITYS	39
6.1	CE-merkintä.....	39

6.2 Soveltaminen	39
7 YHTEENVETO	41
LÄHTEET	42
LIITTEET	43
Liite 1. Vaihtoehtotaulukot 1 (5)	43
Liite 2. Painoarvotaulukot	48
Liite 3. Alustava kustannuslaskelma	49

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on modernisoida Prospero Oy:n pieni paljeleikkuri. Tarve työhön tuli Prosperon tarpeesta tehostaa paljetasaimien palje-elementtien valmistusta. Paljeaihioden leikkaamiseen tarkoitettuja laitteita ei ole markkinoilta saatavilla, joten vanhaan leikkuriin päätettiin toteuttaa modernisointi. Työ sisältää modernisointiin liittyvät muutostyöt sekä selvityksen, tarvitseeko modernisoidulle leikkurille hakea CE-merkintää.

Palje-elementti on paljetasaimen joustava osa. Palje-elementtiä tehdessä paljeaihion päihin jätetään jonkin verran työstövaraa poimujen tekoa varten. Paljetasaimen kokoonpanovaiheessa paljeaihion päät leikataan paljeleikkurilla haluttuun mittaan.

Modernisoinnin tärkein tavoite on parantaa leikkurin käytettävyyttä. Modernisoidun leikkurin tulee olla helppokäyttöinen ja yksinkertainen. Modernisointi tulee toteuttaa siten, että laite on tarvittaessa mahdollista purkaa esimerkiksi huoltotoimenpiteitä ja osien vaihtoa varten. Kustannukset tulisi pitää mahdollisimman alhaalla, ja modernisoinnissa pitäisi käyttää olemassa olevia osia.

Tässä työssä on keskitytty paljeleikkurin modernisointiin tuotekehityksen näkökulmasta. Aluksi käydään läpi kohdeyritys Prospero Oy, paljetasaimen toimintaa ja valmistusta sekä tuotekehitysprosessia. Seuraavaksi siirrytään paljeleikkurin modernisoinnin suunnittelun pariin, ja lopuksi selvitetään CE-merkinnän tarpeellisuus. Suunnittelun apuna käytetään vaihtoehto- ja painoarvotaulukoita.

Suunnitteluohjelmana on käytetty Autodesk Inventor 2014:a. Työ ei sisällä suunnittelu-prosessin perusteella tehtäviä uusien osien työpiirustuksia, vaan ne jäävät Prosperon käyttöön. Opinnäytetyö on tehty joulukuun 2014 ja huhtikuun 2015 välisenä aikana.

2 PROSPERO OY

Prospero Oy on Ylöjärvellä sijaitseva itsenäinen yritys, joka on osa Masino-yhtiöitä. Masino-yhtiöt on yritysryhmä, joka koostuu seitsemästä itsenäisestä yrityksestä. Prosperon tehtävä osana konsernia on vastata putkistotuotteiden valmistuksesta. Sen päätuotteita ovat mittatilauksena tehtävät metallipaljetasaimet ja kokometalliletkuasetelmat. Paljetasaimia ja metalliletkuja käytetään teollisuuskohteissa eri puolella maailmaa esimerkiksi kaukolämpöverkoissa, suurissa dieselmootoreissa ja valtamerilaivoissa. (Masino 2015.)

2.1 Paljetasain

Metallipaljetasain (KUVA 1) on nimensä mukaisesti metallista tehty palje, jonka tehtävä on tasata putkistoissa lämpölaajenemisesta johtuvia pituuden muutoksia ja tasoittaa esimerkiksi värinästä johtuvia värähtelyitä. Esimerkiksi kaasujen siirtoon käytettävissä putkistoissa lämpötilavaihtelut saattavat olla hyvinkin suuria virtaavien kaasujen lämpötilojen vaihdellessa huoneenlämpöisestä useihin satoihin asteisiin. Ilman lämpölaajenemisen kompensointia rasitukset putkistoon ovat todella suuria.



KUVA 1. Metallipaljetasain. (Masino 2013)

Lämpölaajenemistapauksessa paljetasaimen keskellä oleva metallinen palje puristuu kasaan, jolloin lämpölaajenemisrasitukset kohdistuvat putkiston putkien sijasta paljetasaimen. Paljeosa voi olla rakennettu yhdestä tai useasta ohuesta päällekkäin asetetusta metallilevystä. Paljetasain vaimentaa myös värinästä johtuvia jännityksiä ja rasituksia. Paljeosan päähän on yleensä kiinnitetty metalliset laipat, joiden avulla paljetasain liitetään käyttökohteeseen. Paljetasaimien koot voivat vaihdella pienistä DN40-koon tuotteista aina suuriin DN4000-koon paljetasaimiin.

2.2 Paljetasaimen valmistus

Paljetasaimen valmistus alkaa paljeaihion tekemisellä. Paljeaihio tehdään ohuesta teräslevystä. Yleisimmin levyn paksuus on 0,3 mm, mutta myös 0,5 mm levyä käytetään. Levyaihio leikataan halutun kokoiseksi levyleikkurissa, jonka jälkeen levy taivutetaan ympyrälieriöksi ja saumat hitsataan kiinni. Riippuen paljetasaimen halutusta paineenkestosta ja joustomatkasta paljeaihio tehdään usein useasta sisäkkäin asetetusta lieriöstä. Tällöin saadaan esimerkiksi viidestä ohuesta levystä (5 x 0,3 mm) tehtyä kokonaispaksuudeltaan 1,5 mm paksu paljeaihio. Tällainen kerroksittainen rakenne on paineenkestoltaan riittävän vahva mutta kuitenkin sellainen, että sen jousto-ominaisuudet ovat riittävät. Esimerkiksi 1,5 mm levystä tehty aihio ei jousta yhtä paljon kuin yhtä paksu kerroksittainen rakenne (Vuori 2015).

Seuraavaksi aihioon tehdään poimut. Poimut tehdään joko prässillä tai painosorvilla riippuen siitä, ollaanko tekemässä prässä- vai painosorvipaljetta. Prässipaljetta tehdessä paljeaihio asetetaan prässäiin, joka vedenpaineella puristaa paljetta kasaan molemmista päistä. Aihion ympärille on asetettu vanteet, joiden välistä poimut ”pullahtavat” esiin. Tällä menetelmällä saadaan hyvin siisti ja kaunis paljerakenne.

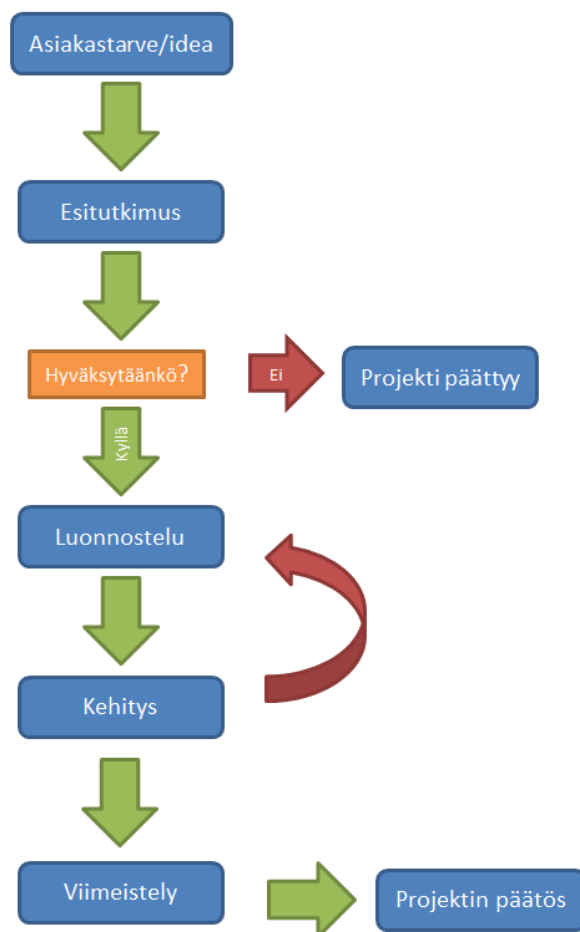
Poimujen teon jälkeen paljeaihion päät leikataan oikeaan mittaan paljeleikkureilla. Pienille palkeille käytetään pientä paljeleikkuria ja suuremmille yli DN125-koon palkeille suurta paljeleikkuria. Tämän jälkeen paljeaihiot siirtyvät kokoonpanoalueelle, jossa varsinainen paljetasain kootaan. Paljetasain voi koostua yhdestä tai useammasta paljeosasta, kiinto- tai irtolaiipoista ja suoja-, väli- ja sisäputkista. Osat hitsataan yhteen, jonka jälkeen kasattu paljetasain jatkaa koeponnistukseen. Siinä testataan, että palje kestää asiakkaan vaatiman paineen eivätkä hitsisaumat vuoda. Koeponnistuksen jälkeen paljetasain on valmis toimitettavaksi asiakkaalle.

3 TUOTEKEHITYS

Tuotekehitys tarkoittaa toimintaa, jonka tarkoituksena on parannella olemassa olevaa tuotetta, tai kehittää markkinoille täysin uusi tuote. Se on hyvin tärkeä osa yritysten toimintaa, ja onnistunut tuotekehitystoiminta on yrityksen menestymisen keskeisiä edellytyksiä. (Laaksonen 2014.)

Kilpailun koventuessa ja tekniikan kehittyessä yritys joka ei panosta tuotekehitykseen, on vaarassa menettää markkinaosuuttaan. Tämä johtaa tuotteiden vanhentumiseen, ja myynnin vähentyessä toiminta on vaarassa loppua kokonaan.

Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi tuotekehitysprosessin eri vaiheet. Prosessin vaiheet on kuvattu myös kuviossa 1.



KUVIO 1. Tuotekehitysprosessi

3.1 Asiakastarve/idea

Tuotekehitysprojektin ensimmäinen vaihe on asiakastarpeen määrittäminen. Markkinoita tutkimalla saadaan selville, millaiselle tuotteelle olisi kysyntää. Yleisesti tuotekehitykselle ilmenee tarvetta, mikäli tuotteen myyntiluvut pienenevät merkittävästi. Tuotetta kehittämällä siitä saadaan taas kuluttajia kiinnostava. (Laaksonen 2014).

Asiakkaiden tarpeiden selvitys määrittää hyvin pitkälti lähtökohtia, joiden perusteella varsinainen suunnittelu aloitetaan. Mitä tarkemmin lähtökohdat tiedetään, sitä helpompaa on suunnitella juuri oikeaan asiakastarpeeseen osuva tuote.

3.2 Esitutkimus

Esitutkimusvaiheessa selvitetään vaatimuksia ja ominaisuuksia tulevalle tuotteelle. Tärkeää on selvittää tuotteen rakenneperiaatteet, spesifikaatiot, tuotantomahdollisuudet ja laskelmat siitä, kannattaako kyseistä tuotetta ylipäättään valmistaa. Projektista tehdään myös riskianalyysi, jossa selvitetään projektiin liittyvät riskit ja miten niihin tulee varautua. (Laaksonen 2014.)

Tämän vaiheen jälkeen tehdään päätös siitä, hylätäänkö vai hyväksytäänkö projekti. Jos päädytään projektin hyväksymiseen, laaditaan kehityspäätös ja siirrytään luonnosteluvaiheeseen.

3.3 Luonnostelu

Luonnosteluvaihe aloitetaan tehtävän analysoinnilla. Kehityspäätöstä apuna käyttäen tuotteelle laaditaan vaatimukset ja tavoitteet. Jos näitä ei ole huolellisesti määritelty, toimivan tuotteen kehittäminen vaikeutuu. Vaatimuslistan luomisen jälkeen alkaa ratkaisuehdotusten ideointi. Tähän hyvä vaihtoehto on käyttää erilaisia aivoriihimenetelmiä. Tässä vaiheessa mitään ideoita ei hylätä, vaan tavoitteena on saada mahdollisimman paljon erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja. Ideoinnin yhteydessä prosessin mahdolliset ongelmat ja tuotteen kokonaistoiminto alkavat selventyä. (Laaksonen 2014.)

Ideoiden keräämisen jälkeen arvioidaan saatuja ideoita ja toteuttamistapoja. Näitä voidaan jakaa vielä erillisiin osatoimintoihin riippuen suunniteltavan tuotteen monimutkaisuudesta. Ideoiden pohjalta voidaan työstää esimerkiksi vaihtoehtotaulukko, joka on hyvä työkalu ideoiden arviointiin (Pahl & Beitz 1990, 130). Vaihtoehtotaulukoiden pohjalta koostetaan useita eri ratkaisumalleja painoarvotaulukkoon, jossa ratkaisumallit arvostellaan vaatimuslistan kriteerien perusteella. Painoarvotaulukon antamien tulosten perusteella kehitetään yksi tai useampi ratkaisuluonnos.

3.4 Kehitys

Varsinainen tuotteen kehitys aloitetaan luomalla mittakaavassa oleva kokoonpanomalli valitun ratkaisuluonnoksen pohjalta. Tämän jälkeen aloitetaan osien yksityiskohtainen suunnittelu. Tuotteen lopullinen rakenne alkaa hahmottua kehittelyvaiheen aikana.

Kehittelyvaiheessa voi tulla ilmi, että kaikki ratkaisumallin ideat eivät välttämättä ole toteuttamiskelpoisia, tai siinä voi ilmetä tarvetta teknisiin tai taloudellisiin parannuksiin. Pahimmassa tapauksessa joudutaan kehitystyö aloittamaan alusta ja valitsemaan toinen ratkaisuluonnos. Kehittelyvaiheen tuloksena on konstruktioehdotus. (Laaksonen 2014)

3.5 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa konstruktioehdotuksen perusteella muodostetaan lopullinen tuote. Tuotteen osista tehdään osa- ja kokoonpanopiirustukset sekä muut tarvittavat dokumentit, esimerkiksi käyttö- ja huolto-ohjeet. Tässä vaiheessa tehdään tarvittaessa myös prototyypit ja valmistuksen 0- ja 1-sarjat. Nollasarjalla tarkoitetaan esivalmistussarjaa, jonka tarkoituksena on testata tuotteen valmistettavuutta ja soveltuvuutta tuotantoon. Sarjatuotantotuotteista tehdään prototyypit, joilla varmistetaan tuotteen toimivuus ennen varsinaisen sarjatuotannon käynnistämistä. (Laaksonen 2014.)

Prototyyppien tekeminen ei aina ole mahdollista, esimerkiksi jos valmistettava järjestelmä on suurikokoinen ja kallis, tai sitä ei ole tarkoitettu sarjatuotantoon (kuten tässä opinnäytetyössä). Joskus joistain tuotteista, esimerkiksi lentokoneista, saatetaan valmistaa täysikokoinen hahmomalli (mock-up) jonka avulla voidaan esitellä tuotetta luonnollisessa koossa. (Laaksonen 2014.)

4 PALJELEIKKURIN TOIMINTA

Tässä luvussa käsitellään paljeleikkurin toimintaa ennen modernisointia, ja tarkastellaan nykyisen laitteiston toimivuutta.

4.1 Leikkurin toimintaperiaate

Pientä paljeleikkuria (KUVA 2) käytetään paljeaihioden päätyjen katkaisuun. Paljeaihio asetetaan tukiakselin päälle, ja tuetaan akselia vasten kahdella bakeliittirullalla (KUVA 3). Haluttu katkaisupituus säädetään liikuttamalla bakeliittirullia, jolloin myös paljeaihio liikkuu niiden mukana. Paljeaihion paksuudesta riippuen säädetään haluttu leikkaussyvyys ja asetetaan leikkuuterä syvyysuunnassa oikealle paikalleen.

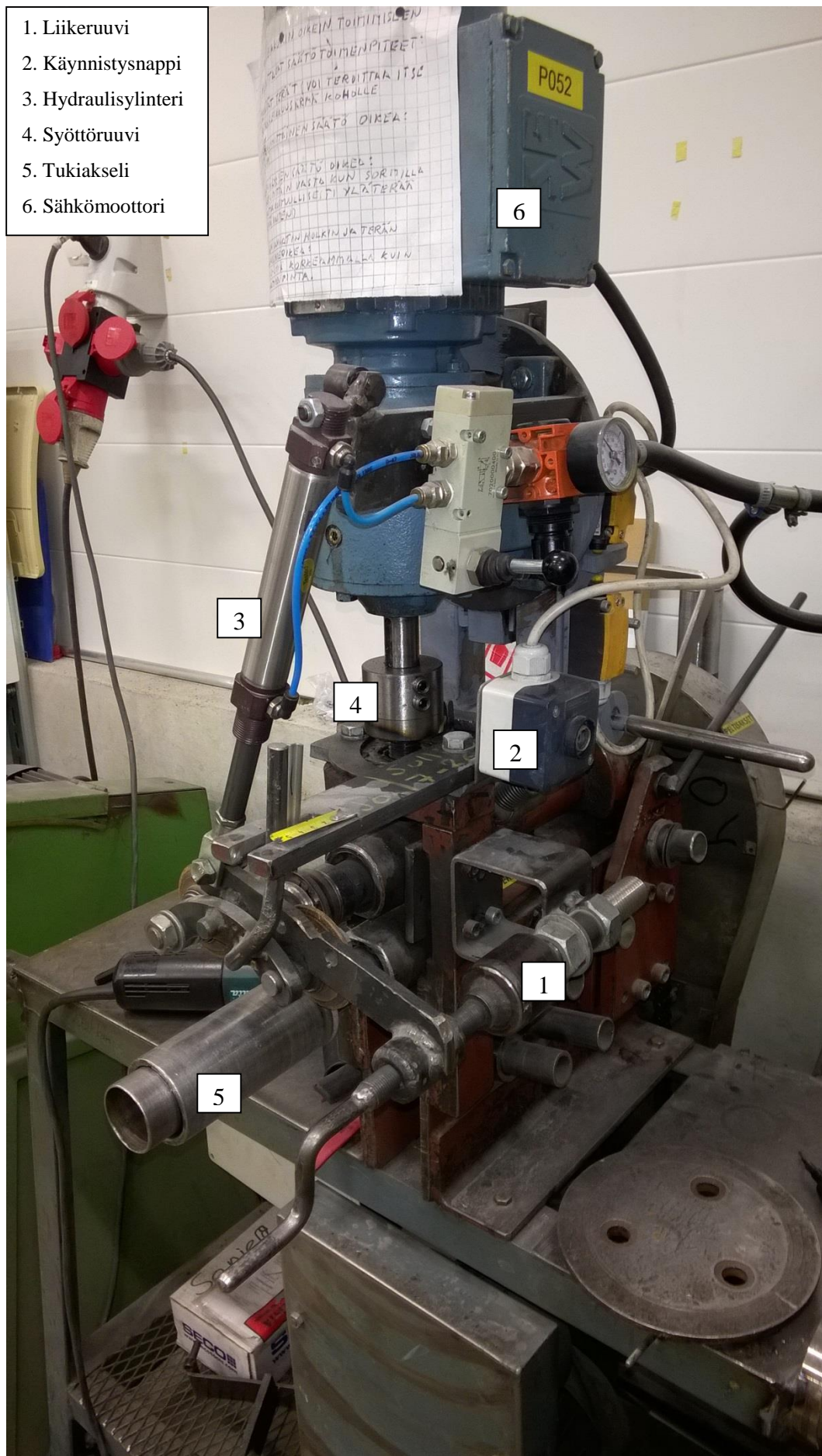
Paljeleikkuri käynnistetään pitämällä käynnistuspainiketta pohjassa. Syöttöruuvi painaa pyörivää leikkuuterää kohti paljeaihiota. Kun terä saavuttaa halutun leikkaussyvyyden, teräakselin mukana liikkuva tanko osuu rajoittimeen (KUVA 5), joka kääntää sähkömoottorin suunnan ja palauttaa leikkuuterän alkuasentoon. Jos käynnistuspainikkeesta päästää leikkauksen aikana irti, leikkaus keskeytyy ja terä nousee takaisin ylös.

Paljeleikkurissa on käyttövoimana kaksi sähkömoottoria, joista toinen pyörittää leikkuuterää ja toinen liikuttaa terää pystysuunnassa. Paljeaihion tukemiseen käytettäviä bakeliittirullia liikutetaan hydraulisylinterin avulla.

Paljeleikkurin käyttö voidaan jakaa kolmeen eri osa-alueeseen:

- leikkuuterän syvyysuunnan säätö
- leikkuussyvyyden säätö
- paljeaihion katkaisupituuden säätö

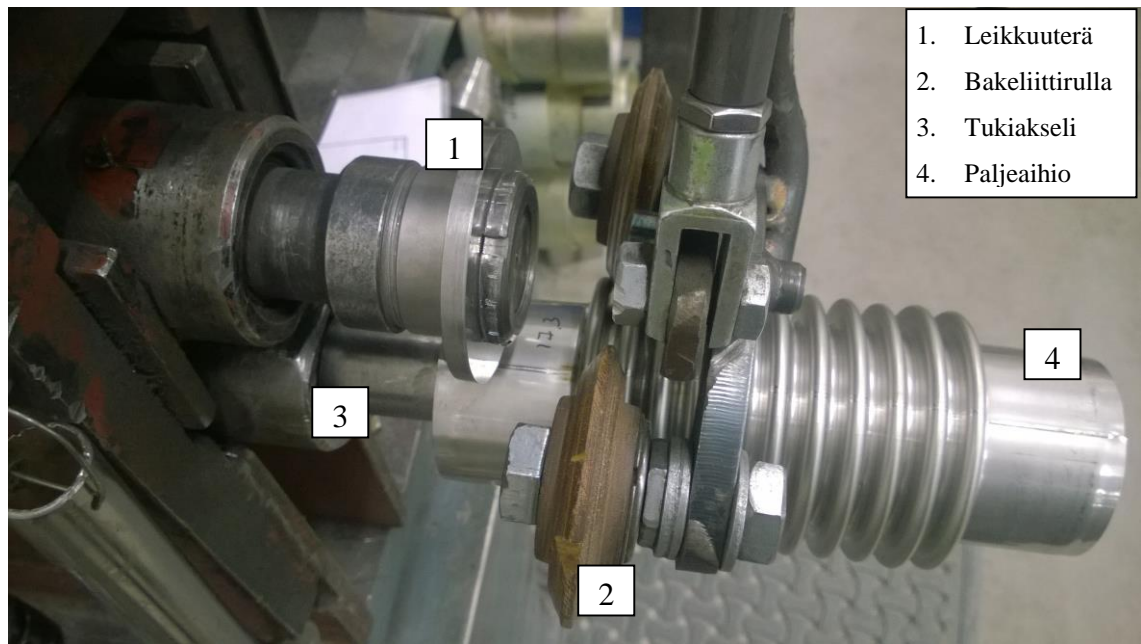
Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin näitä kolmea osa-aluetta ja perehdytään ratkaisujen toimivuuteen.



KUVA 2. Paljeleikkuri ennen modernisointia

4.1.1 Paljeaihion katkaisupituuden säätö

Paljeaihio tuetaan tukiakselia vasten hydraulisynterinin ja kahden bakeliittirullan avulla (KUVA 3). Liikervuilla säädetään rullien ja paljeaihion paikka syvyyssuunnassa. Tämän avulla saadaan paljeaihio haluttuun kohtaan katkaisua varten. Rullat pitävät aihion paikallaan katkaisun ajan. Vuosien käytön aikana liikervuvi ja mutteri ovat kuluneet, jolloin on muodostunut välystä. Uutena välystä ei ollut (Valkama 2014).



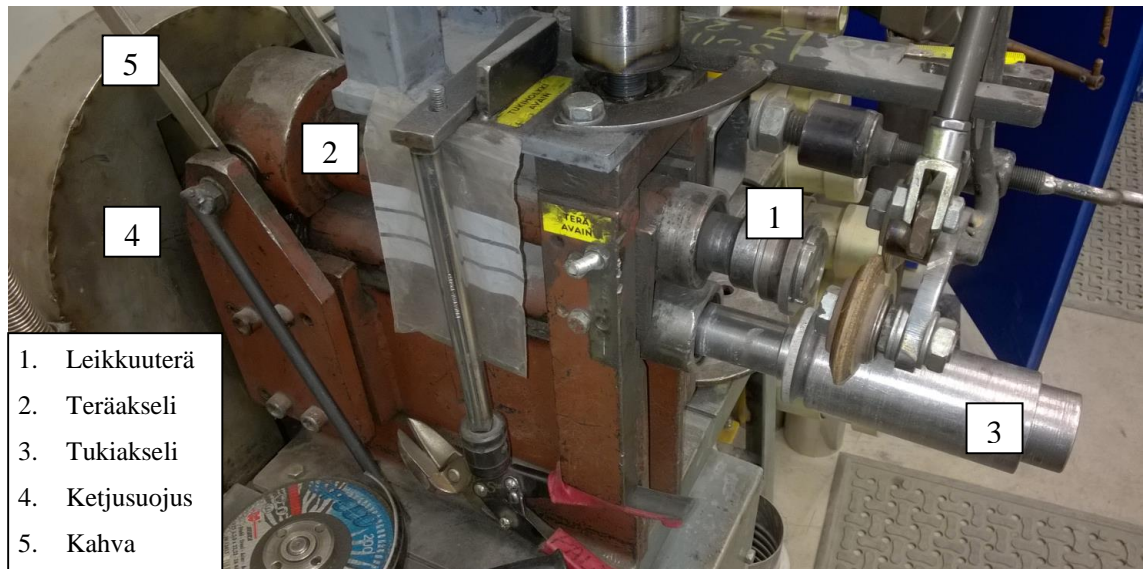
KUVA 3: Paljeaihio leikkurissa

Väljyksestä johtuen rullat eivät pidä aihiota tarkasti paikallaan, jolloin tarkka katkaisupituuden säätö on vaikeaa. Koneenkäyttäjä joutuu tukemaan paljeaihiota käsin leikkauksen aikana, jotta se pysyisi halutulla paikalla. Tämä aiheuttaa työturvallisuusriskin paljeaihioiden reunojen ollessa usein terävät. Hulkkosen (2014) mukaan useat leikkurin käyttäjät ovat saaneet käsiinsä metallisäikeitä, jotka ovat irronneet terävästä leikkausreunasta.

4.1.2 Leikkuuterän pituussuunnan säätö

Leikkurin terä on kiinnitetty teräakseliin (KUVA 4), jota sähkömoottori pyörittää. Terän syvyyssuunnan säätö toteutetaan liikuttamalla koko akselia pituussuunnassa eteen- tai taaksepäin. Akseli on toisesta päästään kiinnitetty metallikahvaan, joka taas on kiinnitetty laitteen runkoon. Pyörittävä voima välittyy sähkömoottorilta akselille hammaspyörrien ja

ketjun avulla. Kahvaa liikuttamalla saadaan akseli liikkumaan pituussuunnassa. Kahvan ja laitteen rungon yhdistävät akselitapit on kiristetty muttereilla, jotta akseli saadaan lukittua haluttuun paikkaan leikkuuprosessin ajaksi.



KUVA 4. Leikkurin akselit

Tämä toteutus on mekaanisesti toimiva ratkaisu. Ongelma on siinä, että kahvaa käsin säättämällä leikkuuterän paikan tarkka määrittäminen on vaikeaa, ja se on tehtävä silmämääräisesti. Lisäksi säätö on tehtävä jokaiselle paljeaihiolle erikseen, koska nykyisessä toteutuksessa ei ole minkäänlaista mitta-asteikkoa ilmaisemassa leikkurin terän paikkaa.

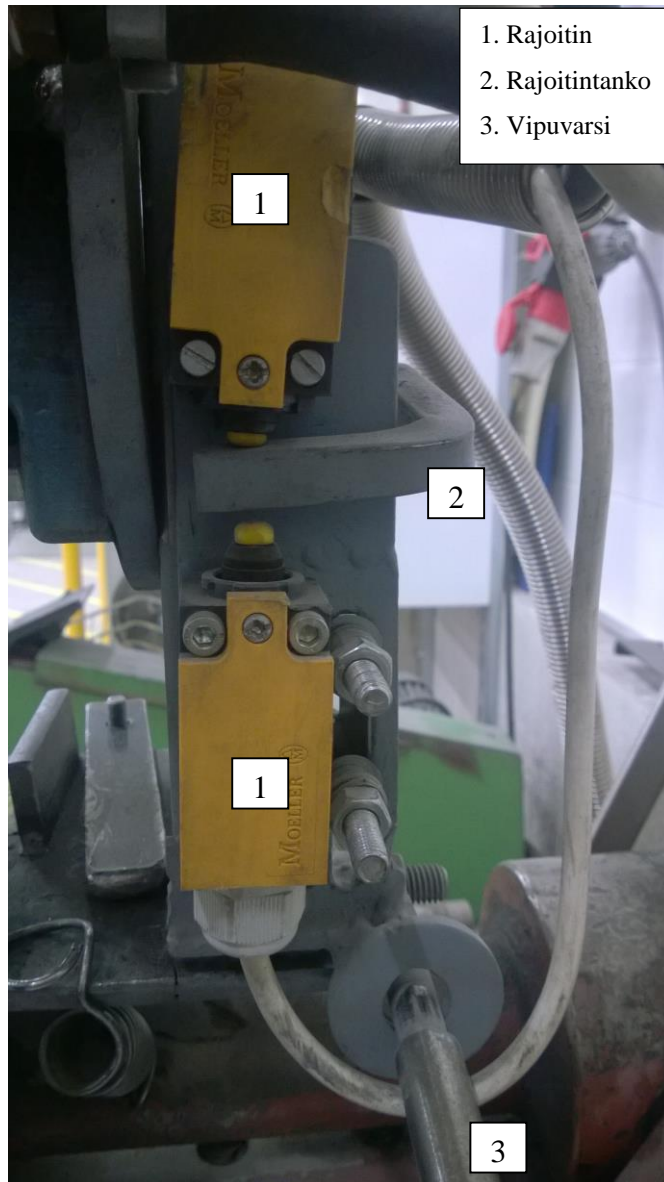
4.1.3 Leikkaussyvyyden säätö

Leikattavasta paljeaihiosta riippuen leikkurille säädetään haluttu leikkaussyvyys. Se tapahtuu rajoitinkelkkaa säätämällä (

KUVA 5). Ajettaessa terää alaspäin sen mukana liikkuu myös rajoitintanko, joka sijaitsee rajoittimien välissä. Tangon osuessa rajoittimeen terän liike alaspäin pysähtyy ja terä nousee takaisin ylös. Säättämällä rajoittimien paikkaa voidaan siis säädellä leikkaussyvyyttä.

Rajoitinkelkassa on pystysuuntaiset urat, joiden läpi kelkka on kiinnitetty leikkurin runkoon kahdella pultilla. Pultit on kiristetty siten, että kelkkaa voidaan liikuttaa käsin lyhyen vipuvarren avulla. Tämän konstruktion ongelma on se, että kelkan tarkka siirto on käy-

tännössä mahdotonta kiinnitystavan aiheuttaman kitkan vuoksi. Pulttien tulee olla tarpeeksi kireällä, jotta kelkka pysyy paikoillaan, mutta kuitenkin niin löysällä, että niiden liikuttaminen on mahdollista. Tämä on ehkäpä vaikein osuus leikkurin säädössä (Hulkkonen 2014).



KUVA 5: Rajoittimet

4.2 Nykyisen leikkurin toimivuus

Pieni paljeleikkuri on teoriassa oikein hyvin toimiva laite. Mekanismit toimivat, kuten ne on suunniteltu. Hulkkonen (2014) mukaan kokenut koneenkäyttäjä saa tehtyä leikkurilla hyvänlaatuista jälkeä, mutta laitteen käytön opettaminen uusille työntekijöille on hyvin

vaikeaa, koska moni säätötoimenpide vaatii nimenomaan kokemusta laitteen käytöstä eikä sitä voi opetella ulkoa esimerkiksi käyttöohjeesta. Tämän takia leikkurin tuottavuus on heikko, koska säätötoimenpiteisiin menee paljon aikaa ja hyvin säädetty leikkuri voi myös tuottaa huonolaatuista leikkausjälkeä.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että leikkurin perustoimintaperiaatteeseen (sähkömoottorikäyttö, pyörivä leikkuuterä jne.) ei tarvitse puuttua. Sen sijaan leikkurin toimintojen hallintalaitteet vaativat modernisointia. Modernisointiprosessi päätettiin jakaa kolmeen edellä mainittuun osa-alueeseen (paljeaihion katkaisupituuden säätö, leikkaussyvyyden säätö, leikkuuterän pituussuunnan säätö) ja suunnitella leikkurille uudet hallintalaitteet.

5 SUUNNITTELU

5.1 Markkinoilla olevat valmiit vastaavat laitteet

Modernisointiprosessia käynnistettäessä on ensin selvittävä löytyykö markkinoilta vastaavaa konetta. Tämä tehdään, jotta saadaan vertailtua, onko kannattavampaa ostaa valmis tuote vai tehdä sellainen itse. Projektin aloituspalaverissa Prosperon puolelta kerrottiin, että markkinoilla ei ole olemassa valmiita laitteita palkeiden päätyjen leikkaukseen. Prosperolla on kymmenien vuosien kokemus paljetasainten valmistuksesta, joten heidän arvionsa tilanteesta on luotettava.

Pieni paljeleikkuri on alun perin rakennettu sikkikoneen pohjalta. Sikkikone (KUVA 6) on laite, jolla voidaan tehdä metallilevyyn erilaisia uria tai profiileja. Se ei kuitenkaan sovellu paljeleikkuriksi sellaisenaan, koska sikkikoneen akselit ovat tarkasti samansuuntaisia, kun taas palkeiden leikkaukseen akseleiden tulisi olla hieman vinossa toisiinsa nähden. Lisäksi sikkikoneessa ei ole paljeaihiota paikallaan pitävää osaa (nykyisessä leikkurissa tukirullat) eikä sitä muutenkaan ole suunniteltu leikkaavaan työhön. (Valkama 2015).



KUVA 6. Sikkikone (Nevax)

5.2 Projektin vaatimukset

Suunnitteluprosessi alkoi vaatimuslistan tekemisellä. Listalla ensimmäisenä oli laitteen käytettävyys. Tämä on modernisoinnin tärkein vaatimus. Laitteen käytettävyyden tulee olla huomattavasti aiempaa parempi modernisoinnin jälkeen. Modernisoidun laitteen tulee olla mahdollisimman yksinkertainen, jotta paljearhioiden tuotantoa ei jouduttaisi keskeyttämään muutostöiden takia kovin pitkäksi aikaa.

Rakenteiden tulisi olla myös purettavissa tarpeen vaatiessa, joten hitsausliitoksia pyrittiin välttämään ja käyttämään sen sijaan ruuviliitoksia aina kun mahdollista. Kustannuksien alhaalla pitämiseksi annettiin myös vaatimus käyttää mahdollisimman paljon valmiita standardikomponentteja tai muita olemassa olevia ratkaisuja.

Vaatimuslistan jälkeen tehtiin vaatimuslistat jokaiselle osatoiminnolle.

5.3 Paljearhion katkaisupituuden säätö

5.3.1 Vaatimukset

Katkaisupituuden säädölle asetettiin seuraavia erityisvaatimuksia:

- Tarkka pituussuunnan säätö
- Välyksetön liike
- Tukirullien oltava pystysuorassa asennossa
- Tiukka puristus
- Tukeva rakenne
- Säätövara 50 mm

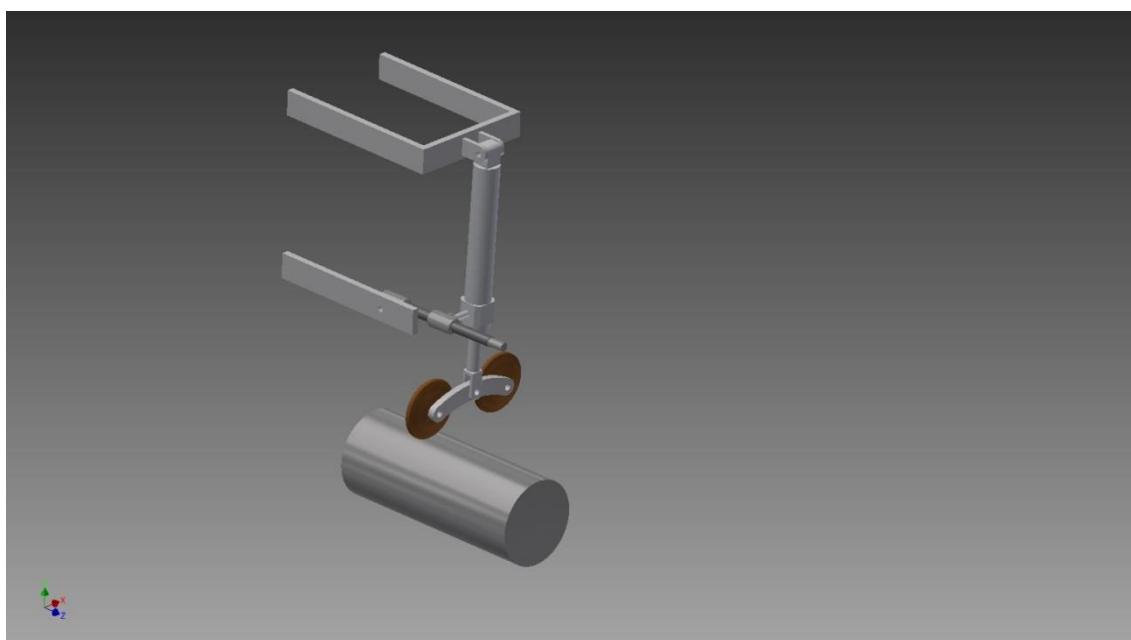
Näiden pohjalta kerättiin erilaisia toteutusratkaisuja, ja ratkaisuista tehtiin vaihtoehtotaulukko (liite 1).

5.3.2 Luonnokset

Yksi helpommista ratkaisuvaihtoehdoista olisi pitää systeemi ennallaan ja uusia vain liikeruuvi ja mutteri, jotta välys poistuisi. Tämä ratkaisu ei kuitenkaan saanut kannatusta, koska pian ruuvi kuitenkin kuluisi ja välys palaisi. Välyksen eliminoinemiseksi jonkinlainen tukikisko tai tanko olisi pitänyt myös asentaa. Päätettiin siis suunnitella kokonaan uusi ratkaisu.

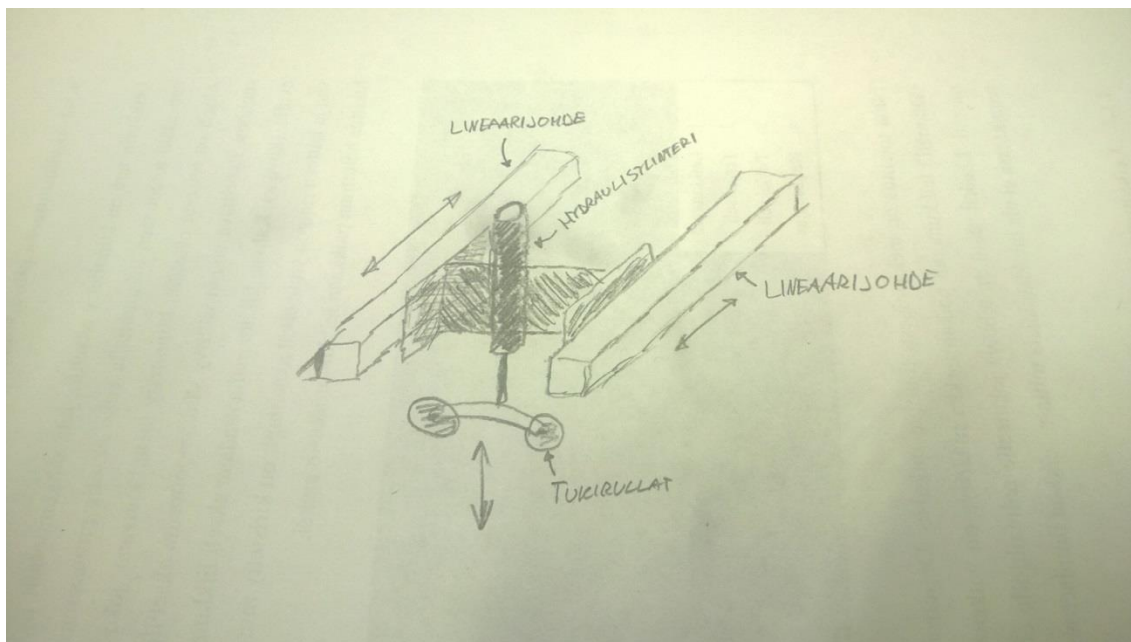
Koska vaatimuksena oli käyttää mahdollisimman paljon jo olemassa olevia osia, rullien pystysuoraa liikettä varten valittiin sama hydraulisylinteri, joka on alkuperäisessä konstruktiossa. Sylinterin etuja on myös tasainen puristusvoima riippumatta siitä, kuinka paljon sylinteri on työntynyt ulos. Se siis mukautuu hyvin puristettavan kappaleen koon mukaan.

Uusi rakenne tulisi myös tukea jotenkin muuten kuin vain liikeruuvilla, jotta liikeruuvin kuluessa välys ei siirtyisi suoraan laitteen toimintaan. Yksinkertainen ratkaisu olisi ollut siirtää sylinteri suoraan akselin yläpuolelle, ja niveltää se ylälaidastaan kiinni tukikehikoon (KUVA 7). Vaakasuuntainen säätö olisi toteutettu liikeruuvilla ja lineaarijohtimella. Tämän muuten hyvän ratkaisumallin hylkäämiseen päädyttiin, koska rullat eivät olisi olleet joka tilanteessa pystysuorassa.



KUVA 7. Tukirullaprototyyppi

Toisessa ratkaisumallissa sylinteri päätettiin asentaa kiinteästi pystysuoraan ja käyttää lineaarijohteita sylinterin liikuttamiseen (KUVA 8). Lineaarijohde on hyvä ja luotettava ratkaisu vaaka-/pystysuuntaisen liikkeen toteuttamiseen. Ne ovat erittäin tarkkoja ja kestävät hyvin erisuuntaisia rasituksia (Mekanex: Kuulajohteet 2015). Rakenteen tukevoittamiseksi päätettiin asentaa kummallekin puolelle leikkurin runkoa kaksi lineaarijohdetta, joiden väliin hydraulisylinteri kiinnitettäisiin tukitankojen/levyjen avulla.



KUVA 8. Tukirullaluonnos

Aluksi suunniteltiin rullien pystysuuntaisen liikkeen tapahtuvan pelkästään hydraulisylin-
terin avulla, mutta mietittyämme asiaa tarkemmin päädyimme kiinnittämään hyd-
raulisylinlerin rinnalle vielä yhden pystysuorassa olevan lineaarijohteen, jota sylinteri lii-
kuttaisi. Näin ollen tukirullat liikkuisivat johteen varassa, joka kestää rasituksia sylinteriä
paremmin. Sylinteri toimisi vain puristusvoiman tuottajana.

Luonnosvaihtoehdot kerättiin vaihtoehtotaulukoihin (TAULUKKO 1), joiden pohjalta
tehtiin painoarvotaulukot (TAULUKKO 2). Painoarvotaulukon pisteiden perusteella va-
littiin ratkaisuluonnos, jota lähdetään kehittämään eteenpäin. Tekstin rinnalle olen valin-
nut yhden taulukot esimerkiksi, muut vaihtoehtotaulukot löytyvät tämän opinnäytetyön
liitteestä 1. Painoarvotaulukot ovat liitteessä 2.

TAULUKKO 1. Vaihtoehtotaulukko C

Rullien puristus	Hydraulisylinteri	Jousi	Käsin säätö	Nykyinen ratkaisu, uusi kierretanko
Tuenta	Sivusta liikeruuvilla	Ylhäältä sylinteristä	Lineaarijohde	Nykyinen ratkaisu, uusi kierretanko
Syvyysäättö	Liikeruuvi			Nykyinen ratkaisu, uusi kierretanko
Pystysuuntaisen liike	Sylinteri tukee	Lineaarijohde		Nykyinen ratkaisu, uusi kierretanko

TAULUKKO 2. Painoarvotaulukko, katkaisupituuden säätö

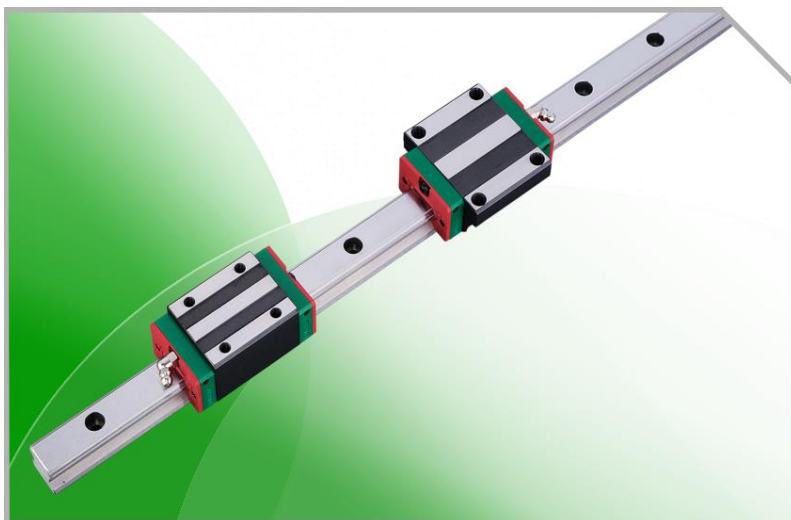
Arviointikriteerit	Painoarvo	A	B	C	D
Kustannukset	20 %	3	2	4	2
Koko	10 %	5	3	2	2
Tarkkuus	20 %	4	4	5	5
Toiminta	20 %	4	1	5	5
Yksinkertaisuus	10 %	3	2	5	4
Valmistettavuus	20 %	3	2	5	2
Kokonaispisteet	100 %	3,6	2,3	4,5	3,4

Painoarvotaulukon (TAULUKKO 2) perusteella valitaan vaihtoehtotaulukko C:n mukainen ratkaisuluonnos.

5.3.3 Kehitys

Valmistusystävällinen ja kustannustehokas suunnittelu edellyttävät markkinoilta helposti saatavien standardiosien käyttöä (Laaksonen 2015). Kehittely aloitettiin kartoittamalla markkinoilla olevia lineaarijohteita. Johteita kauppaavia yrityksiä olivat esimerkiksi Mo-

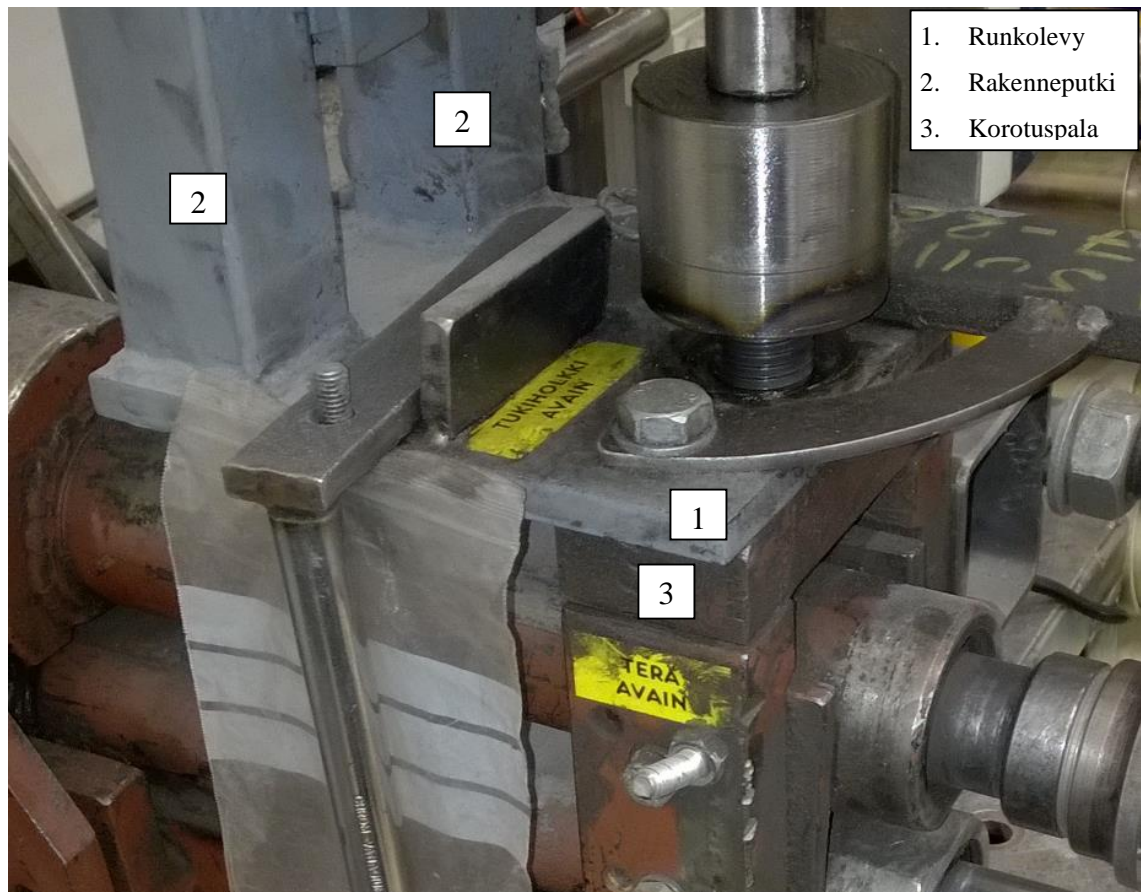
vetec, THK ja Mekanex. Mekanexin mallistosta löytyi kattava valikoima Hiwinin valmistamia kuulajohteita, joista valittiin MG-sarjan kuulajohteet alustavaan suunnitteluun. Johteet vaihdettiin pian suurempiin ja kestävämpiin HG-sarjan johteisiin (KUVA 9), koska MG-sarjan johteiden kiinnitysruuvit olivat M3-koon ruuveja ja koneenrakennuksessa olisi hyvä käyttää vähintään M6-koon ruuveja (Vuori 2015).



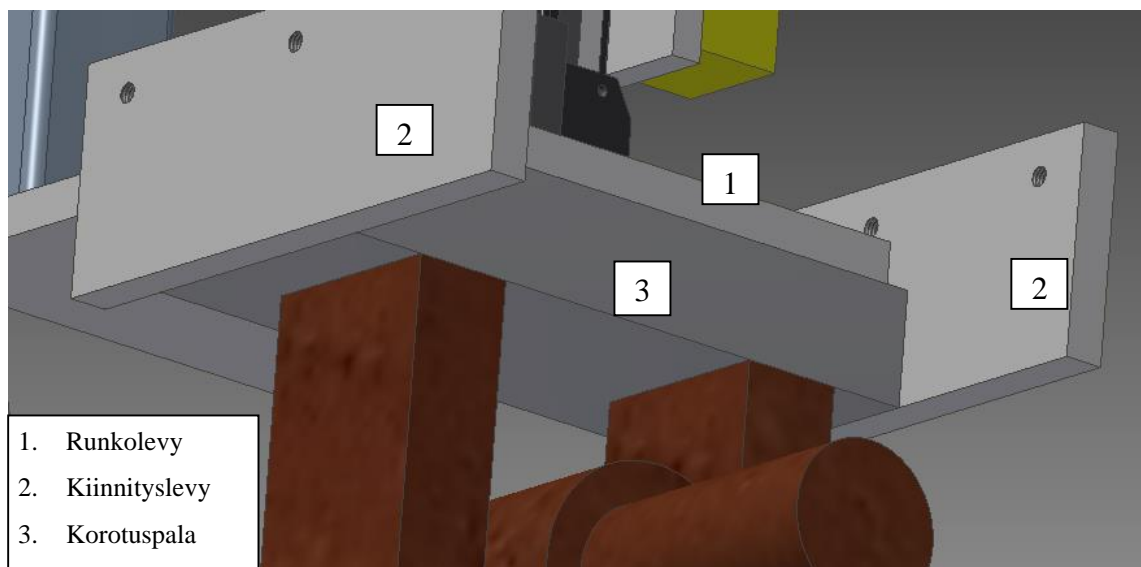
KUVA 9. HG-sarjan lineaarijohde. (Hiwin 2013)

Johteet suunniteltiin kiinnitettäväksi leikkurin rungon sivuille siten, että johteiden kelkkojen yläpinnat ovat vastakkain, ja ne yhdistettäisiin tukitangolla tai levyllä, johon hydraulisylinteri ja kolmas lineaarijohde kiinnittyvät. Alustavasti ajateltiin johteiden kiinnityspaikaksi sähkömoottoria kannattelevia rakenneputkia. Tämä vaihtoehto hylättiin, koska johteiden vapaa pituus olisi kasvanut melko suureksi, jolloin sylinteristä ja muista osista kohdistuva voima olisi saattanut taivuttaa johteita. Ratkaisu tähän olisi tehdä johteille erilliset kiinnityslevyt, jotka hitsattaisiin kiinni laitteen rungon päällä olevaan levyyn. Näin ollen johteen vapaa pituus lyhenisi merkittävästi. Johteet kiinnitetään kiinnityslevyihin ruuveilla.

Kyseinen ratkaisu olisi vaatinut uuden runkolevyn teettämisen, koska alkuperäisen levyn reunat eivät olleet suorat. Levy on kiinnitetty kahdella pultilla laitteen runkoon, ja levyyn on lisäksi hitsattu rakenneputket, joihin sähkömoottori on kiinnitetty. Levyn vaihto olisi siis edellyttänyt rakenneputkien hitsisaumojen avaamista. Levyn alapuolella oli kuitenkin korotuspala, joka olisi helposti vaihdettavissa (KUVA 10). Päätettiin suunnitella uusi leveämpi korotuspala, johon lineaarijohtimien kiinnityslevyt hitsataan (KUVA 11).

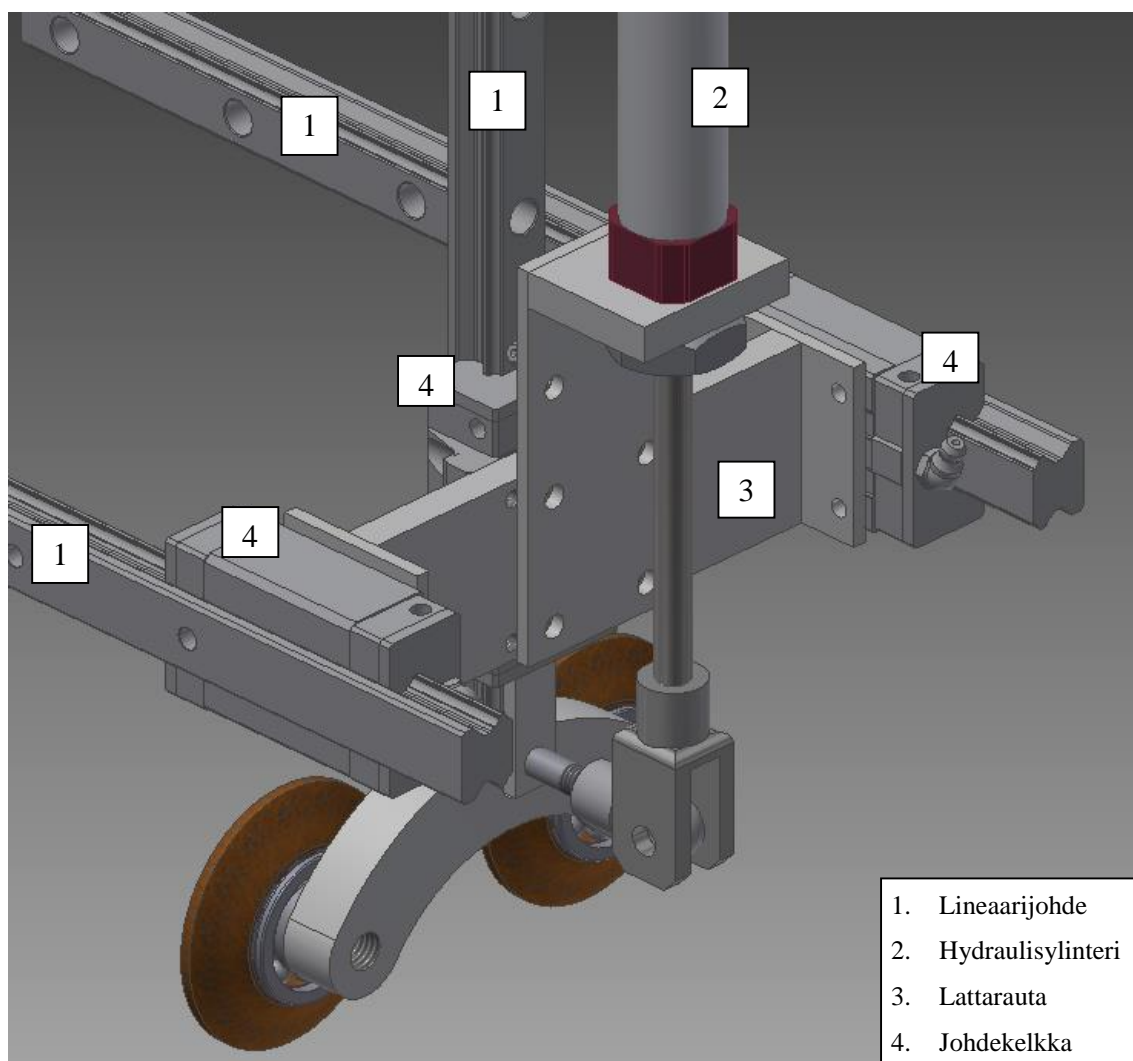


KUVA 10. Leikkurin runko.



KUVA 11: Lineaarijohtimien kiinnityslevyjen kiinnitys

Lineaarijohtimien kelkat yhdistetään pystysuuntaan asetetulla lattaraudalla, jonka päihin hitsataan kiinnikelevyt, joilla rakenne yhdistetään ruuveilla johtimien kelkkoihin. Lattarautaan kiinnitetään tukilevyjen avulla pystysuora lineaarijohde ja hydraulisylinteri (KUVA 12). Pystysuora lineaarijohde ja hydraulisylinteri yhdistetään toisiinsa pitkällä pultilla.



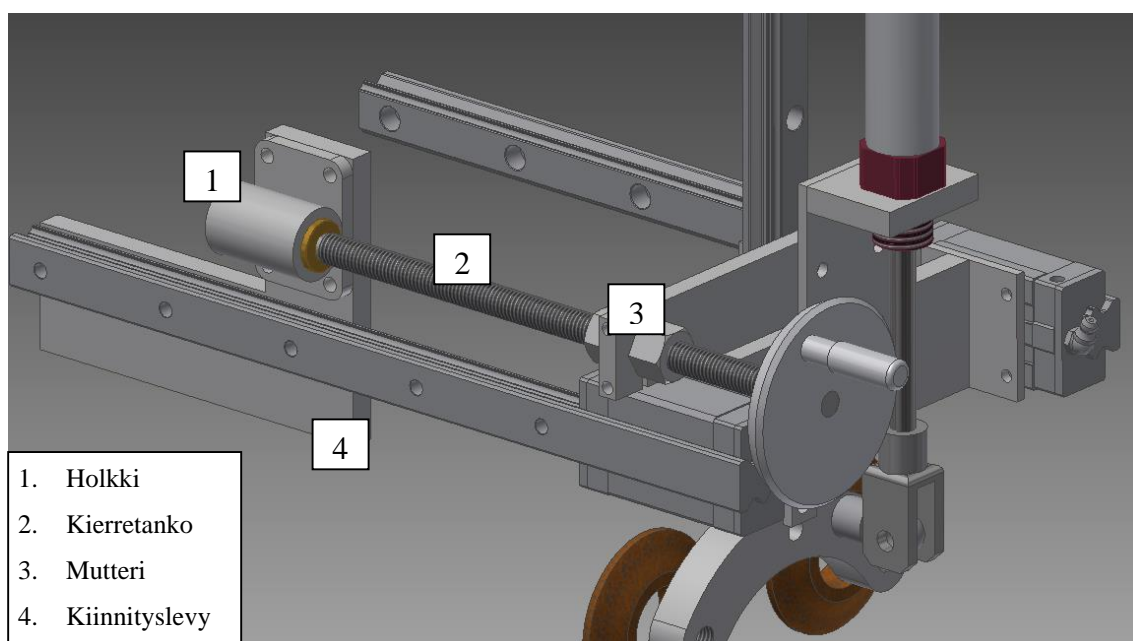
KUVA 12. Hydraulisylinterin kiinnitys

Seuraavaksi suunniteltiin liikeruuvi, joka liikuttaisi lineaarijohtimien kelkkoja vaakasuunnassa. Selvitettiin myös, löytyykö vastaavia ratkaisuja valmiina tuotteina. RoseKriegin lineaarijohdemallistosta löydettiin pyöreä lineaarijohde, jossa olisi liikeruuvi sisäänrakennettuna. Tämän mallin etuna olisi konstruktion yksinkertaistuminen, koska lineaarijohde ja liikeruuvi ovat samassa osassa. Toiselle puolelle olisi kuitenkin pitänyt asettaa tavallinen johde rakenteen tukevoittamiseksi. RoseKriegin johde oli kuitenkin kooltaan

melko suuri, ja se olisi ollut vaikea kiinnittää olemassa olevan laitteen runkoon. Päätettiin siis suunnitella kokonaan uusi liikeruuviratkaisu.

Haluttu liikematka ei ole kovin suuri, joten liikeruuvin kierteen nousu voi olla melko pieni. Normaali metrinen kierre kestää kulutusta hyvin ja nousu on pienempi kuin trapet-sikierteessä, joten kierteksi valittiin metrinen M14-kierre 2 millimetrin nousulla. Kierretangon toinen pää koneistetaan sileäksi kiinnitystä varten. Laitteen runkoon tuleva pää kiinnitetään samaan tukilevyyn kuin vasemmanpuoleinen lineaarijohde. Lineaarijohteen ja liikeruuvin tulee olla tarkasti samansuuntaisia, jotta tasainen liike on mahdollista. Tämän takia osien kiinnittäminen samaan levyyn on järkevää (KUVA 13).

Kierretangon kiinnitystä varten suunniteltiin holkki, jonka sisään tulisi kaksi laipallista liukulaakeria. Holkki hitsataan aluslevyyn, joka kiinnitetään ruuveilla vasempaan tukilevyyn. Kierretankoon kiinnitetään pitkä mutteri, johon kiinnitetään lattarauta, jonka avulla liikeruuvin liike siirtyy lineaarijohtimien kelkkoihin. Lattarauta kiinnittyy ruuveilla lineaarijohtimen ja hydraulisylinterin kiinnityslevyyn, jotta mutteri voidaan tarvittaessa vaihtaa. Mutterin tulisi olla pehmeämpää terästä kuin kierretanko, jotta kulutus kohdistuu vaihdettavissa olevaan mutteriin.



KUVA 13. Liikeruuvi

5.4 Leikkaussyiden säätö

5.4.1 Vaatimukset

Leikkaussyiden säädölle asetettiin seuraavat vaatimukset:

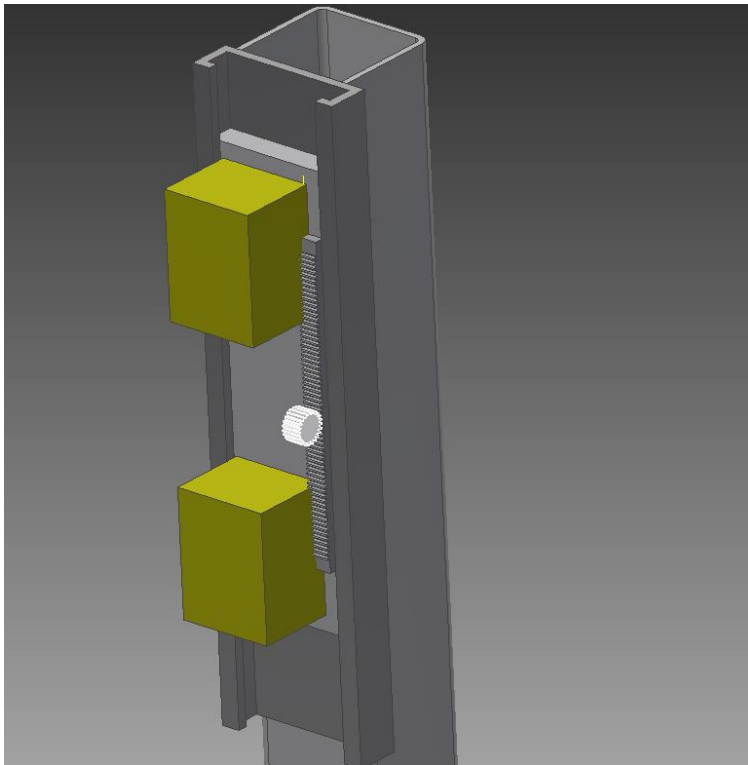
- Tarkka säätö mahdollista
- Mekaaninen toteutus
- Mitta-asteikko
- pieni koko

5.4.2 Luonnokset

Leikkaussyiden säädön toteutus on ennen modernisointia toteutettu periaatteessa oikein hyvin, ongelmana on vain rajoittimien säädön vaikeus. Toimintaperiaate päätettiin pitää samana ja kehittää rajoittimien säätöön uusi mekanismi.

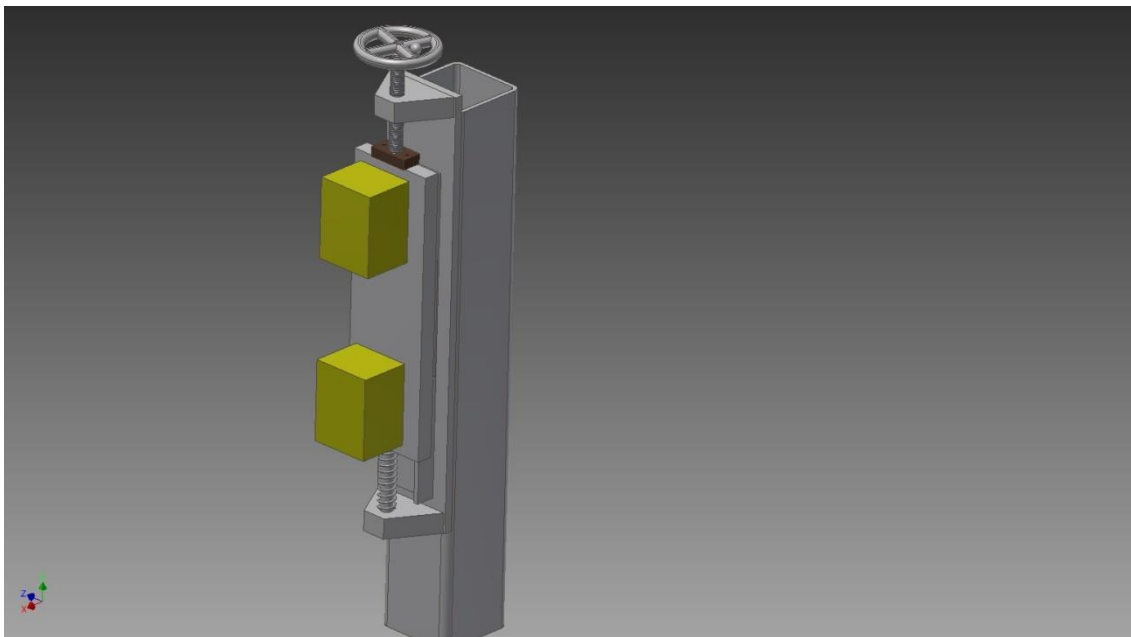
Ensimmäinen idea oli siirtää rajoittimet liikkumaan jonkinlaisen kelkan/kiskon päällä. Kelkkaa liikutettaisiin ulkoisella voimanlähteellä, esimerkiksi hammasrattaalla ja hammastangolla. Selvitystyön jälkeen tultiin siihen johtopäätökseen, että kelkaksi sopisi parhaiten jonkinlainen pieni lineaarijohde, joka löytyisi valmiina osana jonkun valmistajan tuotteista. Johteen ei tarvitsisi kestää suuria kuormia johtuen rajoittimien keveydestä.

Lineaarijohteen ongelma on se, että kelkka pääsee liikkumaan vapaasti eikä sitä saa lukittua. Kelkan tulisi pysyä jämäkästi paikallaan koneenkäytön ajan, mutta olla myös helposti liikuteltavissa, jotta leikkaussyiden määrittäminen on mahdollista. Yksi ratkaisu oli kelkkaan kiinnitettävä hammastanko, jota liikutettaisiin hammaspyörällä (Kuva 14). Hammaspyörään on kiinnitetty käsipyörä, jolla kelkan liike toteutetaan. Tässä mallissa hammasratas tulisi lukita paikoilleen leikkauksen ajaksi.



Kuva 14. Hammastankoprototyyppi

Toinen vaihtoehto on toteuttaa liike liikeruuvilla. Liikeruuvi on kiinnitetty kelkan yläpäähän, ja ruuvin kitka pitää kelkan paikoillaan. Ongelmakohtaksi muodostui ruuvin kiinnitys kelkkaan. Kiinnitys olisi ollut vaikeaa ilman kalliita koneistettavia osia. Tästä mallista tehtiin jatkokehitelmä, jossa kelkan alapuolella on vahva jousi, joka työntää kelkkaa ylöspäin. Yläpuolella on normaali kierretanko, jota kiristämällä tai löysäämällä säädetään kelkan pystysuuntainen paikka (KUVA 15). Kierretangon toinen pää on tuettu kelkassa olevaan pehmeästä metalliseoksesta (pronssi, messinki) tehtyyn istukkaan, jotta ruuvia pyöritettäessä ruuvi ei kulu vaan kulutus kohdistuu istukkaan. Istukka olisi tarpeen vaatiessa mahdollista vaihtaa.



KUVA 15. Rajoitinprototyyppi

Luonnostelussa esiintyneiden ongelmien takia kartoitettiin myös, olisiko säädettävää lineaarijohdinta olemassa valmiina markkinoilla. Esimerkiksi SKS:n ja Mekanexin tuotevalikoimissa löytyi useita valmiita lineaarijohdeyksiköitä. Niistä monet olivat tosin suunniteltu sähkömoottorikäyttöön, ja ne olivat kooltaan liian suuria. Valmiit yksiköt ovat myös melko kalliita (SKS:n kr-yksikkö 600 €). Toisaalta valmiin yksikön etuina ovat laitteen varma toimivuus ja varaosien saanti. Lisäksi oman laitteen valmistamiseen kuluu aikaa ja rahaa, joten lähes aina valmiina ostettava tuote on lopulta edullisempi.

5.4.3 Kehitys

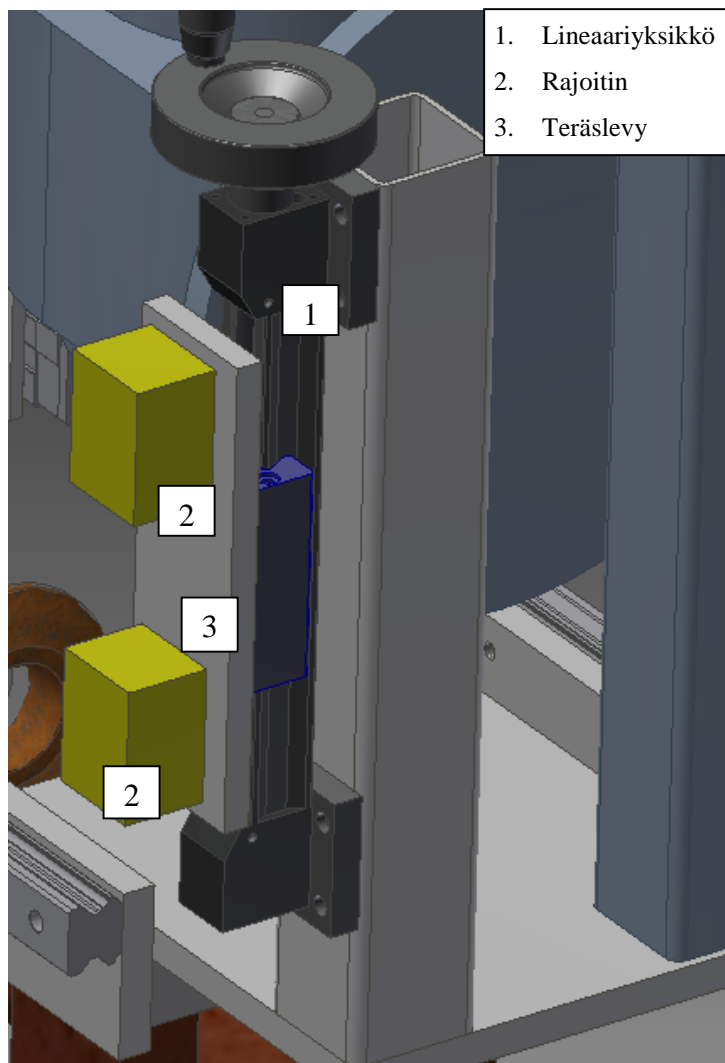
Leikkaussyvyyden säätö päätettiin toteuttaa valmiilla lineaarijohdeyksiköllä. Itse tehty ratkaisu olisi myös voinut toimia hyvin, mutta markkinoilta päätettiin etsiä valmis tuote.

Markkinoiden tutkimisen jälkeen oli löytynyt kaksi potentiaalista tuotetta. RoseKriegerin PLM-II-johdeyksikkö (KUVA 16), ja SKS:n KR-yksikkö. RoseKriegerin yksikkö oli suunniteltu käsikäyttöä varten, kun taas SKS:n malli oli ensisijaisesti sähkömoottoria varten. RoseKriegerin yksikkö oli lisäksi puolet SKS:n yksikön hinnasta, joten päädyttiin valitsemaan RoseKriegerin yksikkö. Siihen on lisäksi mahdollista saada paikkamittari, jolloin kelkan tarkka paikoitus helpottuu.



KUVA 16. RoseKrieger -lineaariyksikkö (RoseKrieger, 136)

Valitun johdeyksikön kelkka on kuitenkin melko pieni rajoittimien kiinnitystä ajatellen. Rajoittimet päätettiin asentaa teräslevyn päälle, joka kiinnitetään johdeyksikön kelkkaan (KUVA 17). Lineaariyksikkö kiinnitetään ruuviliitoksella rakenneputkeen.



KUVA 17. RoseKrieger -yksikkö ja rajoittimet

5.5 Leikkuuterän pituussuunnan säätö

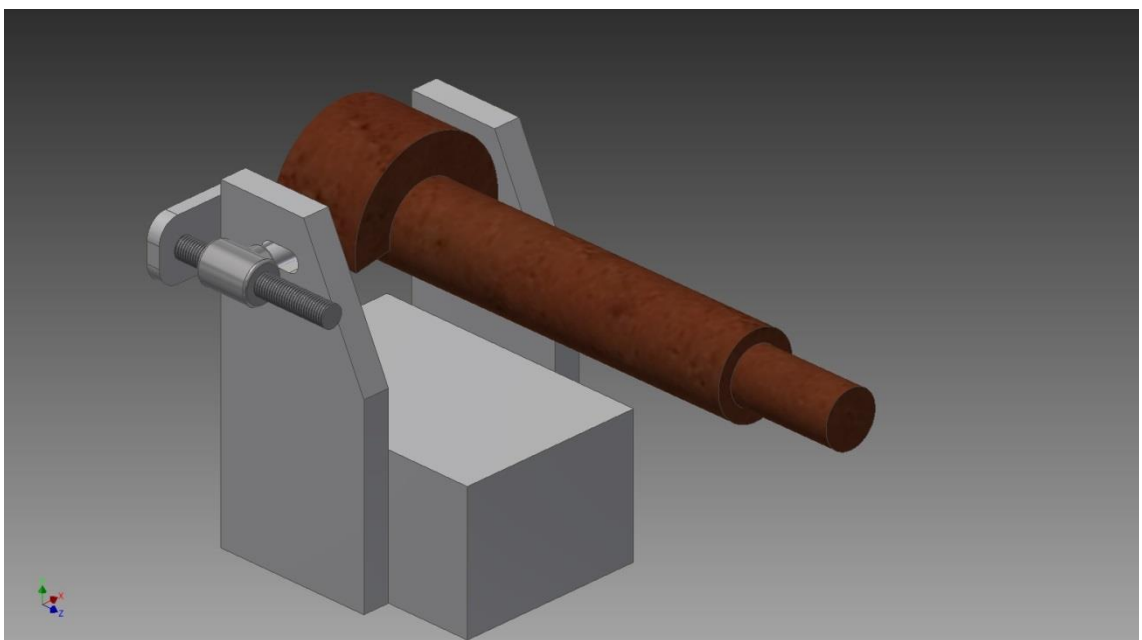
5.5.1 Vaatimukset

Leikkuuterän pituussuunnan säädölle asetettiin seuraavat vaatimukset:

- Tarkka säätö mahdollista
- Mitta-asteikko
- Rakenteen tulee olla jämäkkä (akseli ei saa liikkua leikkauksen aikana)

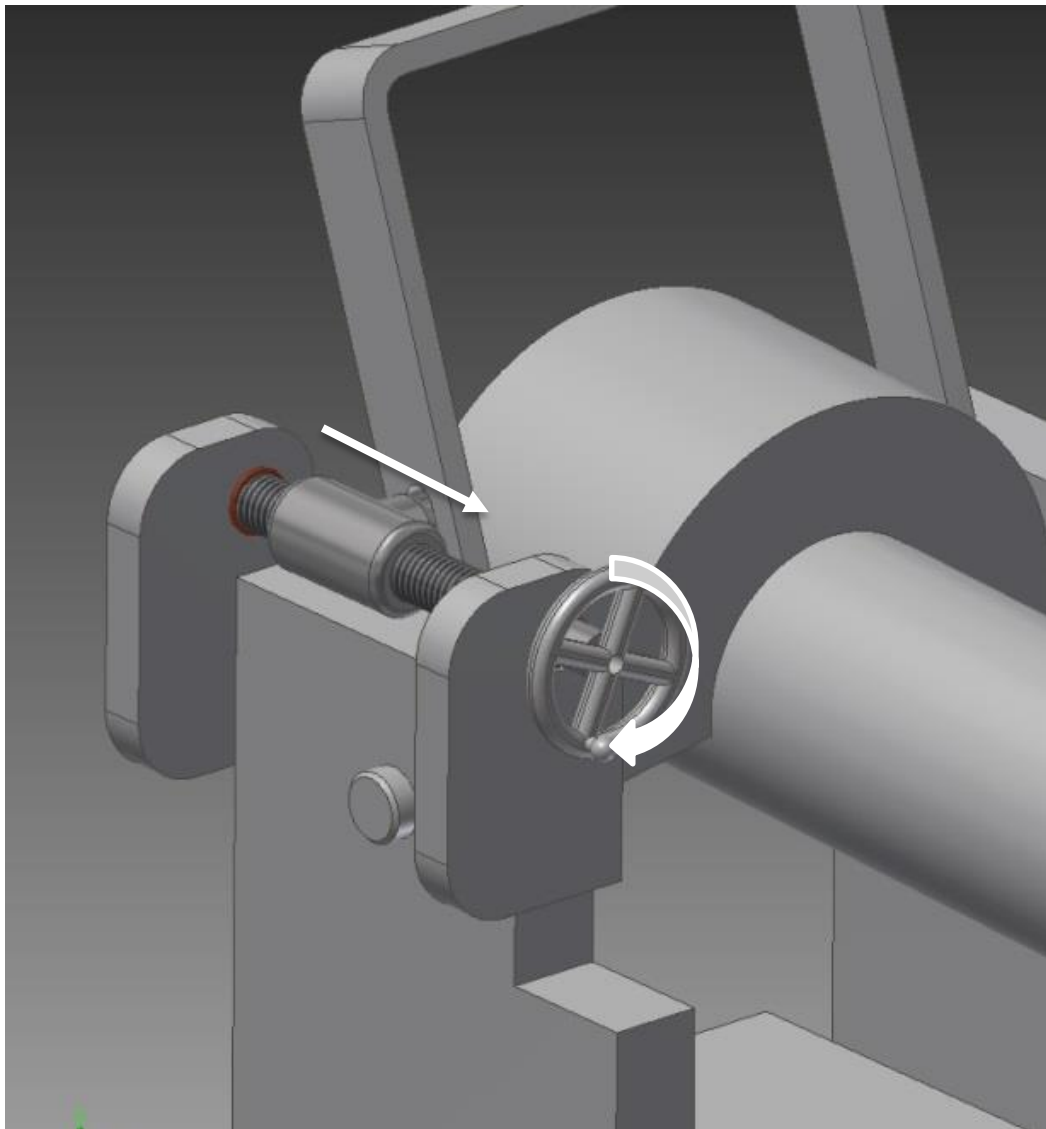
5.5.2 Luonnokset

Edellisten osa-alueiden luonnosehdotusten pohjalta heräsi ajatus, voisiko liikeruuvia hyödyntää akselin liikuttamisessa. Ensimmäinen ratkaisuehdotuksen perusidea oli liikuttaa liikeruuvilla akselin kiinnitystappia vaakasuuntaisessa urassa (KUVA 18). Akselin kiristys paikalleen olisi tapahtunut edelleen samanlaisella kiristysmekanismilla kuin alkupe-
räisessä leikkurissa. Ongelmaksi osoittautui akselin toispuolinen säätö. Akselia olisi liikutettu vain toisesta kiinnityspisteestään, jolloin epätasaisen voiman jakautumisen takia akseli ei välttämättä olisi pysynyt suorassa, mikä on elinehto onnistuneelle leikkausjäljelle (Valkama 2015).



KUVA 18. Syvyys säätöprototyyppi 1

Tästä johtuen päädyttiin siihen, että alkuperäinen akselin liikuttamismekanismi oli toimiva, eikä sitä kannattanut lähteä muuttamaan. Palattiin takaisin lähtöruutuun ja kehitettiin luonnos, jossa liikeruuvi ei liikuttaisikaan suoraan akselia, vaan alkuperäistä kahvaa joka taas liikuttaisi akselia. Kahvaan tehdään ura, johon liikeruuviin kiinnitettävä tappi kiinnittyy. Liikeruuvia pyöritettäessä tappi liikkuu vaakasuunnassa, ja liukuu urassa, joka pakottaa kahvan liikkeelle (KUVA 19). Tässä luonnoksessa akseli pysyy tiukasti linjassa, koska kahvan kautta liikeruuvin aikaansaama voima välittyy tasaisesti akselin molempiin päihin.

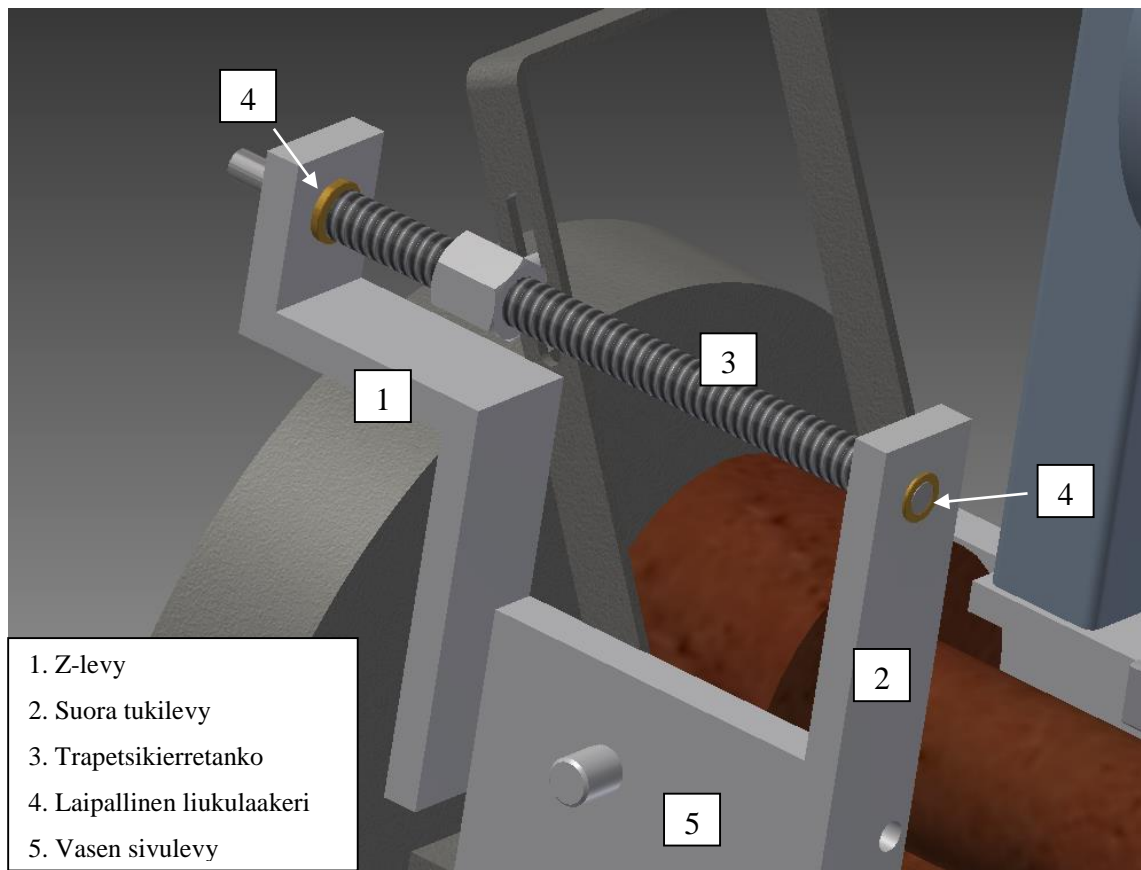


KUVA 19. Syvyysäättöprototyyppi 2.

5.5.3 Kehitys

Suunnittelu aloitettiin kuvan 19 luonnoksen pohjalta. Luonnoksessa leikkurin vasen sivulevy suunniteltiin uudestaan, ja siihen kiinnittyy kaksi tukilevyä, joiden väliin liikeruuvi kiinnitetään. Loput leikkurista mallinnettiin luonnoksen ympärille suunnittelun helpottamiseksi. Kahvan tulisi liikkua ääriasennosta toiseen, ja se ei luonnoksessa ollut mahdollista. Liikeruuvien pituus oli liian lyhyt, eikä suunniteltuun paikkaan olisi saanut pidempää ruuvia. Tilaa rajoitti koneen rungon takaosassa oleva ketjusuojuus. Ongelmana oli myös se, mistä ruuvia pyöritetään.

Tehtiin uusi luonnos jossa liikeruuvia nostettiin reilusti ylöspäin. Liikeruuvien tukilevyt suunniteltiin uudestaan, jolloin kahva mahtui liikkumaan ruuvien mukana ääriasennosta toiseen. Tällöin myös liikeruuvien kiinnityskohta kahvaan nousi korkeammalle (KUVA 20). Tämä piti ottaa huomioon liikeruuvia suunnitellessa. Jos liikeruuvien kierteen nousu olisi pieni, kahvan liikuttaminen asennosta toiseen kestäisi todella kauan. Trapetsikierteessä on suurempi nousu kuin tavallisessa kierteessä, joten se valittiin kierretangon kierreeksi. Tangon kummatkin päät koneistetaan kiinnitystä varten. Jotta koneistetun pään halkaisija pysyisi riittävän suurena, tulisi kierretankona käyttää vähintään 16 mm trapetsikierrettä. Tällöin tangon pään halkaisija koneistettuna olisi 10 mm.



KUVA 20: Kahvan liikeruuvi.

Uudessa luonnoksessa z-mallinen tukilevy kiinnitetään kiinteästi sivulevyyn hitsaamalla. Suora tukilevy kiinnitetään kahdella tukevalla pultilla levyyn, jotta kierretanko olisi tarvittaessa mahdollista vaihtaa. Tukilevyihin suunniteltiin reiät laipallisille liukulaakereille (KUVA 20), joihin koneistetut kierretangon päät kiinnittyvät.

Liikeruuvien pyöritys tapahtuu laitteen takapuolelta. Käytön helpottamiseksi liikeruuviin kiinnitetään suurihalkaisijainen käsipyörä, jotta ruuvia voi käyttää myös laitteen etupuolelta. Alkuperäinen idea oli kiinnittää liikeruuviin kulmavaihte käytön helpottamiseksi, mutta markkinoilta ei löytynyt sopivaa, joten idea hylättiin.

Kierretangon ja liikeruuvien kiinnittämiseksi toisiinsa kahvaan koneistetaan ura, johon liikeruuvissa oleva trapetsikierremutteri yhdistetään mutteriin hitsattavalla tapilla. Mutterin liikkuesssa ruuvia pitkin, urassa oleva tappi pakottaa kahvan liikkeelle. Jotta ura ei kuluisi, tappiin kiinnitetään muovinen tai pronssinen holkki, joka ottaa vastaan kulumisen.

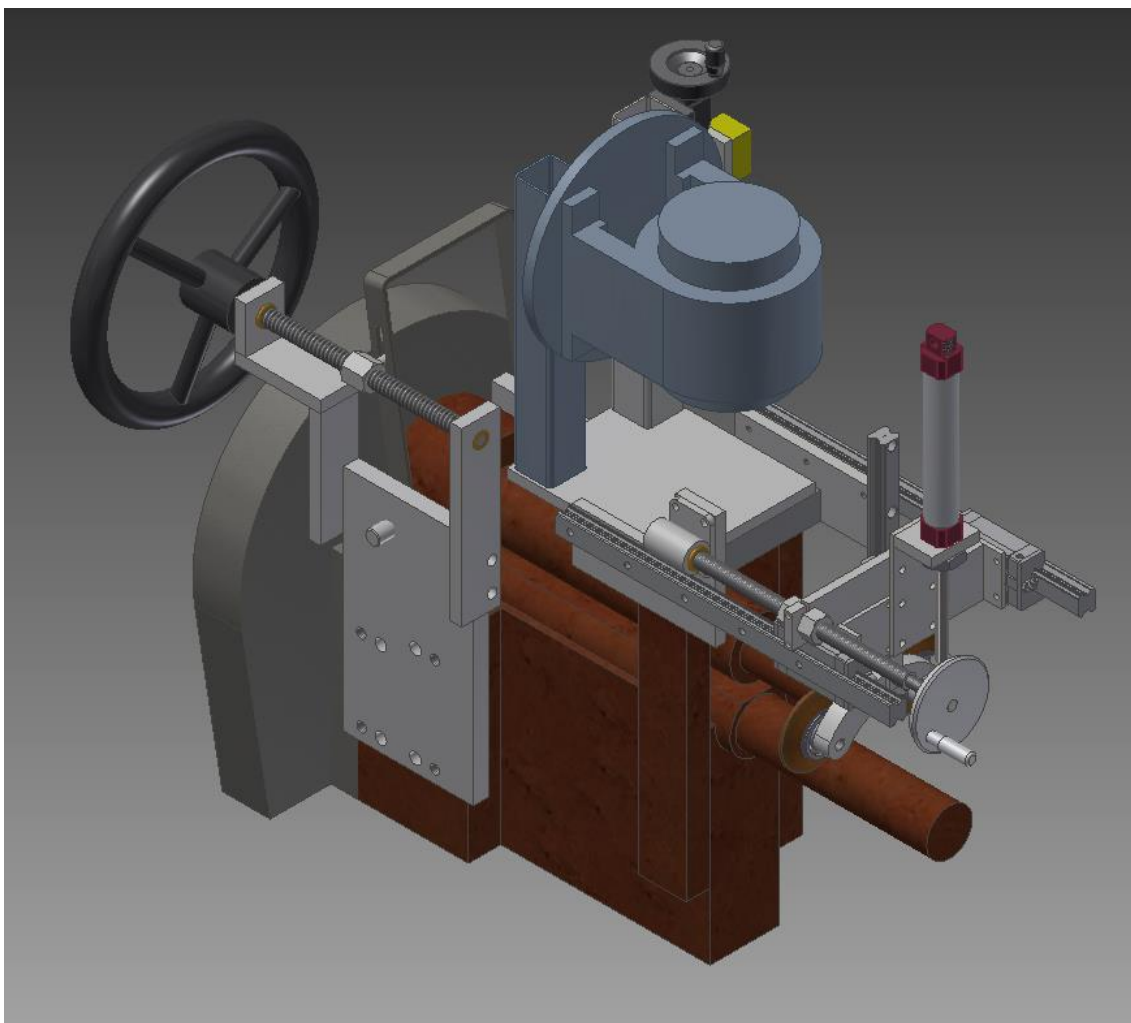
5.6 Konstruktioehdotus

Edellisissä alaluvuissa selostettujen suunnitteluvaiheiden pohjalta tehtiin konstruktioehdotus (TAULUKKO 3). Tehtiin myös alustava kustannuslaskelma (liite 3), johon sisällytettiin valmiina ostettavat komponentit. Konstruktioehdotus hyväksyttiin ja aloitettiin lopullisen tuotteen suunnittelu.

TAULUKKO 3: Konstruktioehdotus

Konstruktioehdotus			
Osa	Määrä (kpl)	Mitat	Materiaali
Lineaarijohde HGH20	2	L = 330 mm	
Lineaarijohde HGH20	1	L = 200 mm	
HGH20-kuulavaunu, kapea	2		
HGH20-kuulavaunu, leveä	1		
Vasen sivulevy	1	paksuus 16 mm	S235
Rungon korotuspala	1		S235
Lineaarijohteen tukilevy, vasen	1	paksuus 10 mm	S235
Lineaarijohteen tukilevy, oikea	1	paksuus 10 mm	
Johteiden välipalat (lattarauta)	3	paksuus 6–10 mm	S235
Sylinterin kiinnityslevyt (lattarauta)	2		S235
Tukirullien kiinnityskaari	1		S235
Laipallinen liukulaakeri	4		
Liikeruuvi + mutteri M14x2	1		
Liikeruuvi + mutteri Tr 16x4	1		
Holkki + kiinnityslevyt M14x2 liikeruuville	1		S235
kiinnityslevyt Tr16x4 liikeruuville	4	paksuus 12–14 mm	S235
PLM-II lineaariyksikkö	1		
Käsi pyörä, iso	1	D = 200–300 mm	
Käsi pyörä, pieni	1	D = 80–100 mm	
Bakeliittirullat	2		bakeliitti
Kuulalaakerit bakeliitirulliin	4		

Konstruktioehdotuksessa on lueteltu valmistettavat ja hankittavat osat sekä joitain alustavia mittoja ja materiaalivalintoja. Osien tarkat mitat ja ominaisuudet määräytyvät lopulliseen muotoonsa viimeistelyvaiheessa, jonka aikana osista tehdään tarkat työpiirustukset. Konstruktioehdotuksesta tehtiin myös kokonainen 3D-malli (KUVA 21).



KUVA 21. 3D-malli konstruktioehdotuksesta.

5.7 Projektin loppuunvienti

Konstruktioehdotuksen hyväksymisen jälkeen alkaa osien tarkka suunnittelu ja työpiirustusten teko teetettävistä osista. Piirustuksia ei sisällytetä tähän opinnäytetyöhön, vaan ne jäävät Prosperon omaan käyttöön. Piirustusten teon jälkeen lähetetään tarjouspyynnöt teetettävistä osista. Tarjousten perusteella valitaan alihankkija, joka tekee osat.

Toimitusaikojen perusteella määritetään ajanjakso, jossa muutostyöt tehdään. Arvion mukaan leikkurin muutostyöt vievät noin kaksi työpäivää (Valkama 2015). Muutostyön ajankohdassa täytyy myös ottaa huomioon tuotannon aikataulut. Paljeleikkurin ollessa poissa käytöstä pienten paljeaihioiden teko on mahdotonta. Tuotannonsuunnittelua täytyy informoida hyvissä ajoin tulevasta tuotantokatkoksesta, ja yhdessä heidän kanssaan määrittää aika muutostöille.

Opinnäytetyön valmistuessa ajallaan arvioidaan leikkurin modernisoinnin olevan ohi elokuun 2015 loppuun mennessä.

5.8 Modernisoidun leikkurin riskianalyysi

Koneita modernisoidessa niiden käytöstä aiheutuvat riskitekijät voivat muuttua uusien komponenttien ja toimintojen myötä, joten muutostöiden yhteydessä on järkevää tehdä riskianalyysi. Pienestä paljeleikkurista ei ollut olemassa minkäänlaista riskianalyysiä, joten muutostöiden aiheuttamia riskien muutoksia ei voitu verrata suoraan aiempaan analyysiin.

Seuraavassa taulukossa (TAULUKKO 4) on eritelty erilaisia mahdollisia riskejä modernisoidusta leikkurista, otettu kantaa niiden vakavuuteen ja todennäköisyyteen sekä esitetty toimenpiteet riskien ehkäisemiseksi.

TAULUKKO 4. Modernisoidun leikkurin riskianalyysi

Paljeleikkurin riskianalyysi							
Käyttäjä	Vaara	Alustava arviointi	Riskitaso	Riskin pienentämisen menetelmät	Jälkiarviointi	Riskitaso	Tila
		Vakavuus/ todennäköisyys			Vakavuus/ todennäköisyys		
Leikkaaja	Sormet tukirullien väliin	Vähäinen/ epätodennäköinen	Matala	Ohjeistus	Vähäinen/ epätodennäköinen	Merkityksetön	Valmis
Leikkaaja	Sormet syöttöruuvien ja rungon väliin	Vähäinen/ epätodennäköinen	Matala	Ohjeistus	Vähäinen/ epätodennäköinen	Merkityksetön	Valmis
Leikkaaja	Sormet leikkuriterien väliin	Kriittinen/erittäin epätodennäköinen	Matala	Ohjeistus	Vähäinen/ epätodennäköinen	Pieni	Valmis
Leikkaaja	Aihion reuna tekee haavan	Vähäinen/ todennäköinen	Kohtalainen	Työhanskat, välkyksen poistaminen	Vähäinen/ epätodennäköinen	Pieni	Valmis
Leikkaaja	Sormet voimansiirto- ketjun väliin	Kriittinen/erittäin epätodennäköinen	Matala	Ohjeistus/suojalevy	Vähäinen/ erittäin epätodennäköinen	Merkityksetön	Valmis
Leikkaaja	Kone käynnistyy huollon aikana	Kriittinen/erittäin epätodennäköinen	Matala	Virtajohto irti kun konetta ei käytetä	Vähäinen/	Merkityksetön	Valmis

Yllä olevasta taulukosta nähdään, että todennäköisin riski on terävän paljeaihion aiheuttama haava leikkurin käyttäjän käteen. Modernisoimattomassa leikkurissa tämä oli hyvin yleinen riski, koska paljeaihiota joutui tukemaan käsin leikkauksen aikana. Modernisoidussa leikkurissa tämä tarve poistuu, joten riski on pienempi kuin ennen. Paljeaihion reuna saattaa silti olla terävä, joten sen käsittelyssä on noudatettava varovaisuutta.

Seurauksiltaan suurin riski on sormien joutuminen leikkuuterän väliin. Kone saattaa pahimmassa tapauksessa katkaista leikkaajan sormen. Tämän tapahtuman todennäköisyys on kuitenkin häviävän pieni. Käytettäessä laitetta oikein ohjeiden mukaan, sormeja ei voi saada leikkuuterien väliin vahingossa. Osuakseen leikkuuteriin sormi täytyy laittaa terien väliin täysin tietoisesti ja tarkoituksellisesti.

Laitteen käytöstä aiheutuvat riskit ovat hyvin hallittavissa koulutuksen ja ohjeistuksen avulla. Vakavaa tapaturmaa laitteella ei saa aikaan ilman täysin tietoista ohjeiden laiminlyöntiä ja laitteen väärinkäyttöä. Kyseessä on moottorikäyttöinen kone, joten sen käsittelyssä tulee noudattaa huolellisuutta ja tarkkuutta, kuten minkä tahansa muunkin koneen kanssa toimiessa tehdään. Oikein käytettynä kyseessä on turvallinen laite.

6 CE-MERKINNÄN SELVITYS

Yksi osa opinnäytetyötä oli selvittää CE-merkinnän tarpeellisuus paljeleikkurille modernisoinnin jälkeen. Tässä luvussa kerrotaan perustiedot CE-merkinnästä ja selvitetään paljeleikkurin merkinnän tarpeellisuus.

6.1 CE-merkintä

”CE-merkintä on valmistajan vakuutus siitä, että se täyttää sitä koskevien direktiivien vaatimukset” (SFS Ry 2015). CE-merkintä osoittaa sen, että tuote vastaa EU:n lainsäädäntöä, joka mahdollistaa tuotteiden vapaan liikkuvuuden EU:n alueella. Kyseinen merkintä on pakollinen osa tuotetta, mikäli tuotetta koskeva direktiivi sen vaatii. Näitä tuotteita ovat esimerkiksi koneet, sähkölaitteet, painelaitteet ja lelut. Koneiden osalta CE-merkintä määräytyy konedirektiivin, ns. konepääötksen mukaan.

6.2 Soveltaminen

Kirjassa Koneturvallisuus: säädökset ja sovellukset (2007, 26) on kirjoitettu seuraavasti:

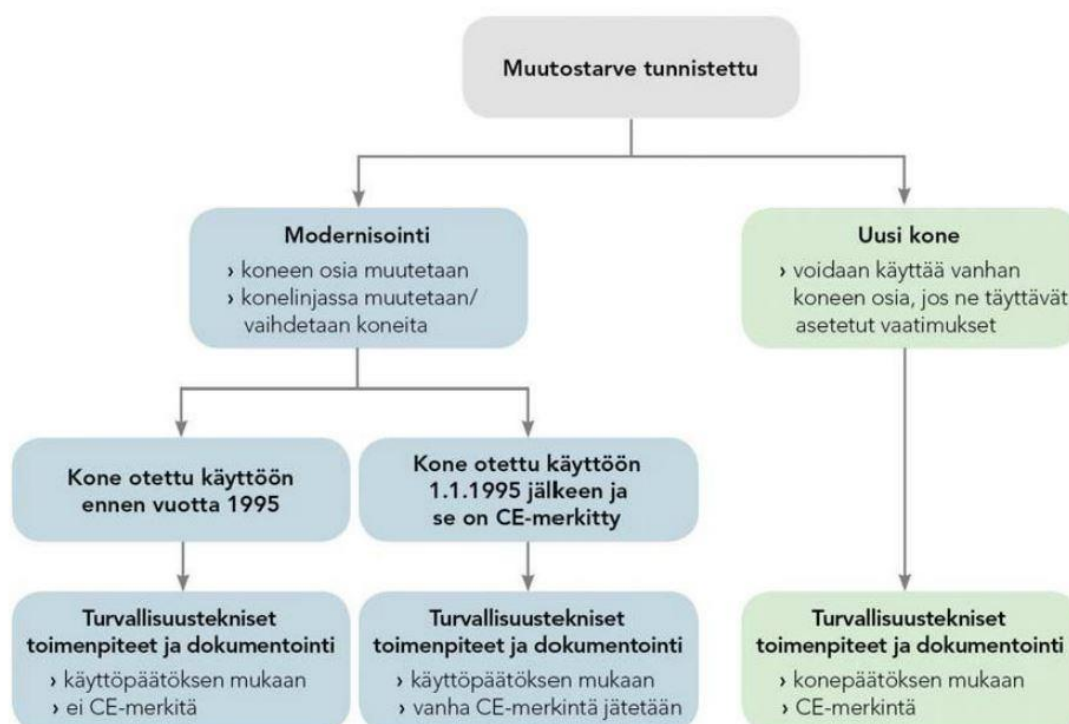
Konepääötös koskee ensimmäisen kerran Euroopan talousalueella (ETA-alueella) markkinoille tai käyttöön tulevia koneita. Siten konepääötöstä ei sovelleta käytettyihin (tai käytössä oleviin) koneisiin.

Jos käytettyyn koneeseen tehdään muutoksia, mutta koneen toimintatapa ja turvallisuusominaisuudet pysyvät ennallaan, on kyseessä käytetyn koneen kunnostaminen ja konepääötöstä ei sovelleta. Kone jatkaa elinkaartansa, mutta muuttuneena. Koneen tunnistustiedot (tyyppi, sarjanumero) pysyvät ennallaan.

Konepääötös tuli voimaan vuoden 1995 alusta (Työsuojeluhallinto 2005, 6). Prosperon pieni paljeleikkuri pohjautuu modernisoituun sikkikoneeseen, ja on nykyisessä muodossaan otettu käyttöön noin 20 vuotta sitten (Valkama 2015). Muutettaessa sikkikone paljeleikkuriksi on ollut kyseessä uuden koneen rakentaminen, koska koneen käyttötarkoitus ja toimintaperiaate muuttuivat. Koska tarkkaa käyttöönottoajankohtaa ei ole tiedossa, kone voi olla yli tai alle 20 vuotta vanha. Mikäli kone on otettu käyttöön jo ennen vuotta 1995, paljeleikkuri on konepääötksen voimaantulohetkellä ollut käytetty kone, eikä siihen ole vaadittu CE-merkintää. Epäselvä käyttöönottoajankohta antaa myös mahdollisuuden

siihen, että kone olisi otettu käyttöön vuoden 1995 jälkeen. Mikäli näin on, paljeleikkuri on ollut valmistuessaan uusi kone, ja siihen olisi pitänyt hakea CE-merkintää jo silloin.

Tässä opinnäytetyössä kuvatussa modernisointiprojektissa paljeleikkurin toimintatapa ja turvallisuusominaisuudet pysyvät ennallaan. Koneen hallintalaitteet uudistetaan, mutta mitään toimintatapaa (sähkömoottorikäyttö, voimansiirto, leikkaustapa) ei muuteta. Laitteen turvallisuusominaisuudet muuttuvat parempaan suuntaan. Myös Nieminen (2007, 35) tulkitsee modernisointiprosessia samalla tavalla, kuten KUVIO 2 osoittaa.



KUVIO 2: Modernisoinnin toimenpiteet

Johtopäätöksenä todetaan, että paljeleikkurin modernisointi tässä opinnäytetyössä kuvattulla tavalla ei vaadi CE-merkinnän hakemista, mikäli paljeleikkuri on otettu käyttöön ennen konepäätöksen voimaantuloa. Mikäli paljeleikkuri on otettu käyttöön konepäätöksen voimaantulon jälkeen, siihen jätetään vanha CE-merkintä. Kyseinen merkintä kuitenkin puuttuu koneesta, joten tilanne jää siltä osin avoimeksi.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli modernisoida Prospero Oy:n pieni paljeleikkuri. Modernisoinnin tärkein tavoite oli parantaa leikkurin käytettävyyttä. Kustannukset tuli pitää alhaisina, rakenne yksinkertaisena ja käyttää mahdollisimman paljon valmiita standardiosia.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi valmis konstruktioehdotus paljeleikkurille. Modernisoinnin jälkeen leikkurin toiminta pysyy edelleen yksinkertaisena, mutta käytettävyys paranee merkittävästi. Laitteen huollettavuus on myös paremmalla tasolla kuin ennen. Koska lähes kaikki liitokset on toteutettu ruuviliitoksina, osia voidaan tarpeen vaatiessa vaihtaa ja kunnostaa helposti. Muutamissa liitoksissa jouduttiin käyttämään hitsausta rakenteen jäykkyyden varmistamiseksi.

Suunnittelun lähtökohtana oli käyttää mahdollisimman paljon markkinoilla olevia valmiita standardiosia kustannuksien säästämiseksi. Tässä onnistuttiin hyvin. Ostettavien osien kokonaissummaksi jäi alle 700 euroa. Joitain osia joudutaan valmistamaan. Valmistettavien osien tarkka suunnittelu ei sisälly opinnäytetyöhön, jolloin niiden tarkkaa hintaa on vaikea tässä vaiheessa arvioida. Lisäksi kustannuksiin tulee lisätä muutostöihin menevät työtunnit, jotka ovat pois Prosperon muista tuotannon tehtävistä.

Tässä työssä tehtiin myös katsaus CE-merkinnän tarpeellisuuteen. Selvityksen perusteella tultiin siihen johtopäätökseen, että merkintää ei tarvita. Selvityksessä kuitenkin huomattiin, että paljeleikkurista puuttuu CE-merkintä. Se olisi pitänyt hakea jo konetta käyttöönotettaessa noin 20 vuotta sitten, jos alkuperäinen paljeleikkuri on otettu käyttöön 1.1.1995 jälkeen. Käyttöönottoajasta ei ole tarkkaa tietoa.

LÄHTEET

Gerhard, Pahl & Wolfgang, Beitz. 1990. Koneensuunnitteluoppi. Porvoo: Metalliteollisuuden Kustannus Oy

Hiwin. 2013. HG/HGL series. Luettu 26.3.2015. <http://www.hiwin.com/images/lg/HG/HG2.png>

Hulkkonen, J. työsuojeluvaltuutettu. 2015. Haastattelut kevät 2014–2015. Haastattelija Tuukkanen, V. Tampere.

Laaksonen, H. lehtori. 2014–2015. Tuotekehitysoppi. Luento. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere.

Masino. 2013. Luettu 28.3.2015. <http://www.masino.fi/wp-content/uploads/2013/06/hydra-metallipaljetasaimet.jpg>

Masino. 2015. Putkistotuotteiden valmistus. Luettu 28.3.2015. <http://www.masino.fi/product-category/putkistotuotteiden-valmistus/>

Mekanex. 2015. Kuulajohteet. Luettu 15.1.2015. <http://www.mekanex.se/produkter/sken/fi-kulskensstyrningar.shtml>

Nevax. Hyllus -sikkikoneet. Luettu 27.3.2015. http://www.nevax.fi/hyllus_sikkikoneet.php

Nieminen, J. 2014. Laitteiden modernisointi ja hankinta koneturvan kannalta. Pro metalli 2/2014, 34–35.

RoseKrieger. 2010. Linear components. PDF. Luettu 25.1.2015. http://www.rk-rose-krieger.com/fileadmin/catalogue/lineareinheiten/le_lineareinheiten_dgb.pdf

Suomen standardisoimisliitto SFS Ry. 2015. CE-merkintä. Luettu 21.1.2015. http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/ce-merkinta

Työsuojeluhallinto. 2005. Koneen vaarojen arvioinnista CE-merkintään. PDF. Luettu 27.3.2015. <http://www.tyosuojelu.fi/upload/oppaita16.pdf>

Työsuojeluhallinto. 2007. Koneturvallisuus, säädökset ja soveltaminen. Tampere: Multiprint Oy.

Valkama, P. kunnossapitovastaava. 2015. Haastattelut 2014–2015. Haastattelija Tuukkanen, V. Tampere.

Vuori, R. suunnitteluinsinööri. 2015. Haastattelut 2014–2015. Haastattelija Tuukkanen, V. Tampere.

LIITTEET

Liite 1. Vaihtoehtotaulukot

1 (5)

KATKAISUPITUUDEN SÄÄTÖ

A-VERSIO

Rullien puristus	Hydraulisylinteri	Jousi	Käsin säätö		nykyinen systeemi, uusi kierretanko
Tuenta	Sivusta liikeruuvilla	Ylhäältä sylinteristä	lineaarijohde		nykyinen systeemi, uusi kierretanko
Syvyyssäätö	Liikeruuvi				nykyinen systeemi, uusi kierretanko
Pystysuuntaisen liike	Sylinteri tukee	lineaarijohde			nykyinen systeemi, uusi kierretanko

B-VERSIO

Rullien puristus	Hydraulisylinteri	Jousi	Käsin säätö		nykyinen systeemi, uusi kierretanko
Tuenta	Sivusta liikeruuvilla	Ylhäältä sylinteristä	lineaarijohde		nykyinen systeemi, uusi kierretanko
Syvyyssäätö	Liikeruuvi				nykyinen systeemi, uusi kierretanko
Pystysuuntaisen liike	Sylinteri tukee	lineaarijohde			nykyinen systeemi, uusi kierretanko

C-VERSIO

2 (5)

Rullien puristus	Hydraulisylinteri	Jousi	Käsin säätö		nykyinen systeemi, uusi kiertanko
Tuenta	Sivusta liikeruuvilla	Ylhäältä sylinteristä	lineaarijohde		nykyinen systeemi, uusi kiertanko
Syvyyssäätö	Liikervuvi				nykyinen systeemi, uusi kiertanko
Pystysuuntainen liike	Sylinteri tukee	lineaarijohde			nykyinen systeemi, uusi kiertanko

D-VERSIO

Rullien puristus	Hydraulisylinteri	Jousi	Käsin säätö		nykyinen systeemi, uusi kiertanko
Kiinnityspiste	Sivusta liikeruuvilla	Ylhäältä sylinteristä			nykyinen systeemi, uusi kiertanko
Syvyyssäätö	Liikervuvi				nykyinen systeemi, uusi kiertanko
Pystysuuntainen liike	Sylinteri tukee	lineaarijohde			nykyinen systeemi, uusi kiertanko

LEIKKAUSSYVYYDEN SÄÄTÖ

3 (5)

A-VERSIO

Rajoittimien siirto	Hammasratas + hammas-tanko	Liikervuvi	Liikervuvi + jousi	Valmis lineaariyksikkö
Rajoitinkelkan materiaali	Rakenneteräs (esim. S235)	Alumiini	Muovi	Ruostumaton teräs
Rajoitinkelkan liike	Itserakennettu lineaarijohde	Valmis lineaarijohde	KR-lineaariyksikkö	Valmis lineaariyksikkö

B-VERSIO

Rajoittimien siirto	Hammasratas + hammas-tanko	Liikervuvi	Liikervuvi + jousi	Valmis lineaariyksikkö
Rajoitinkelkan materiaali	Rakenneteräs (esim. S235)	Alumiini	Muovi	Ruostumaton teräs
Rajoitinkelkan liike	Itserakennettu lineaarijohde	Valmis lineaarijohde		Valmis lineaariyksikkö

C-VERSIO

4 (5)

Rajoittimien siirto	Hammasratas + hammas-tanko	Liikervuvi	Liikervuvi + jousi	Valmis lineaariyksikkö
Rajoitinkelkan materiaali	Rakenneteräs (esim. S235)	Alumiini	Muovi	Ruostumaton teräs
Rajoitinkelkan liike	Itserakennettu lineaarijohde	Valmis lineaarijohde		Valmis lineaariyksikkö

LEIKKUUTERÄN PITUUSSUUNNAN SÄÄTÖ

A-VERSIO

Voimansiirto	Hammasratas + hammas-tanko	Liikervuvi	Epäkesko-kahva		
Voimalähde	Käsin	Sähkömoottori			

B-VERSIO

Voimansiirto	Hammasratas + hammas-tanko	Liikervuvi kiinni kahvaan	Epäkesko-kahva		
Voimalähde	Käsin	Sähkömoottori			

Voimansiirto	Hammasratas + hammas- tanko	Liikervuvi kiinni kah- vaan	Epäkesko- kahva	Liikervuvi kiinni teräak- selin nivelak- seliin	
Voimalähde	Käsin	Sähkömoot- tori			

Liite 2. Painoarvotaulukot

Painoarvotaulukko, katkaisupituuden säätö Pisteytys 1-5

Arviointikriteerit	Painoarvo	A	B	C
Kustannukset	15 %	4	3	3
Tarkkuus	20 %	4	4	5
Kestävyys	20 %	4	5	5
Tukevuus	30 %	2	4	5
Valmistettavuus	15 %	4	3	3
Kokonaispisteet	100 %	3,4	3,9	4,4

Painoarvotaulukko, leikkaussyvyyden säätö Pisteytys 1-5

Arviointikriteerit	Painoarvo	A	B	C
Kustannukset	20 %	3	2	4
Koko	10 %	5	3	2
Tarkkuus	20 %	4	4	5
Toiminta	20 %	4	3	5
Yksinkertaisuus	10 %	3	2	5
Valmistettavuus	20 %	3	2	5
Kokonaispisteet	100 %	3,6	2,7	4,5

Painoarvotaulukko, pituussuunnan säätö Pisteytys 1-5

Arviointikriteerit	Painoarvo	A	B	C
Kustannukset	10 %	3	4	4
Jämäkkyys	30 %	1	5	2
Tarkkuus	20 %	3	4	2
Toiminta	10 %	1	3	3
Yksinkertaisuus	10 %	2	3	3
Valmistettavuus	20 %	1	4	4
Kokonaispisteet	100 %	1,7	4,1	2,8

Liite 3. Alustava kustannuslaskelma

Osa	kappalemäärä	a-hinta	kokonaishinta	toimittaja
PLM-II lineaariyksikkö	1	298,0 €	298,0 €	Movetec
RoseKrieger handwheel	1	29,0 €	29,0 €	Movetec
RoseKrieger connecting pl.	2	21,0 €	42,0 €	Movetec
HGH20-lineaarijohde 1m	1	87,0 €	87,0 €	Mekanex
HGH20 kuulavaunu	3	37,0 €	111,0 €	Mekanex
Liukulaakeri, itsevoiteleva	4	5,2 €	20,8 €	Laakerinetti.com
Kierretanko M14, normaali nousu	1	5,9 €	5,9 €	Ruuvilinja
Jatkomutteri M14 DIN6334	1	5,5 €	5,5 €	Etra
Kuulalaakerit 6203-ZZ-NR	4	7,9 €	31,6 €	Laakerinetti.com
Trapetsikierretanko 16x4	1	30,9 €	30,9 €	Ruuvilinja
Trapetsimutteri 16x4	1		0,0 €	
			0,0 €	
			0,0 €	
			0,0 €	
			0,0 €	
			0,0 €	
			0,0 €	
			0,0 €	
			0,0 €	
Kokonaiskustannukset			661,7 €	
RoseKrieger paikkalaskuri			155 €	Movetec